TECHNICZNE NOWOŚCI LOTNICZE

ORGAN ZWIĄZKU POLSKICH INŻYNIERÓW LOTNICZYCH

ROK V. WARSZAWA – CZERWIEC 1937 r. Nr. 6

Redaktor Naczelny: Inż. JAN TUSZYŃSKI.

TREŚĆ:

DOŚWIADCZENIA Z PRACY ZAWORÓW SILNIKÓW LOTNICZYCH*)

Inż. KAZIMIERZ HAUK

Wstęp

Zawory silników lotniczych, mimo że są wykonywane z najlepszych gatunków stali zaworowych, często w pracy zawodzą. Przy użyciu mieszanek z czteroetylkiem ołowiu po kilkudziesięciu nieraz godzinach przepalają się do tego stopnia, że nie nadają się do dalszego użytku.

Zawory ze stali austenitycznych Cr-Ni niestellitowane lecz napełniane sodem przy pracy na mieszance z czteroetylkiem ołowiu poczynają się przepalać już po 200 godzinach, a dłuższa ich służba jest możliwa przy docieraniu co 120 godzin.

Uwagi powyższe odnoszą się do zaworów wydechowych, gdyż wlotowe, chłodzone podczas suwu ssącego mieszanką, pracują w znacznie lepszych warunkach i nie wymagają takiej uwagi jak wydechowe, póki istnieje szczelność przylegania do gniazda.

Czego żądamy dzisiaj od zaworów? Chcemy osiągnąć okres życia zaworów równy średniemu okresowi życia silnika, a czas pracy bez docierania — do pierwszego generalnego remontu silnika, t. j. 400 godzin.

W poszukiwaniu rozwiązania robiono próby w rozmaitych kierunkach, np. zmieniono konstrukcję głowicy i samego zaworu, wprowadzono pokrywanie roboczych powierzchni grzybka i gniazda stellitem i t. p.

W wyniku tych prac, zawory nie są najsłabszym elementem w zespole ciężko pracujących części silnika, mimo zdwajania mocy i zwiększania ilości obrotów silnika.

Zamiarem niniejszego referatu jest rzucić nieco światła na pracę zaworów, zebrać wyniki pewnych doświadczeń i podać kilka wskazówek konstrukcyjnych, koniecznych dla osiągnięcia podstawowego warunku, jaki wyżej postawiliśmy zaworom.

Niedomagania zaworów przy pracy

Warunki pracy zaworów wydechowych są bardzo ciężkie. Temperatury zaworów nie chłodzonych sodem mogą się wahać między 700° a 875°, w niektórych wypadkach dochodząc nawet do 950°C. Tak podgrzany zawór podlega silnym mechanicznym uderzeniom, trzonek jego trze się w prowadnicy. W atmosferze gorących spalin, produktów spalenia paliwa z czteroetylkiem ołowiu, zachodzi korozja i zendrowanie się zaworów i gniazda. Dalej, zawór może się wybijać w gnieździe, a to wypaczenie roboczych powierzchni łącznie z korozją daje w rezultacie nieszczelność przylegania przylgni zaworu do siodła gniazda. i nie ma stali, która by się oparła niszczącemu działaniu przeciekającego w czasie wybuchów w cylindrze płomienia.

Wyrabianie się trzonka w prowadnicy

Połączenie bocznego nacisku od ramienia dźwigni i nierównego oddziaływania kaptura sprężynowego daje w wyniku wyrabianie się trzonków i prowadnicy i wzrost hałasu od pracy zaworów. Ponadto, stosowana na zawory stal austenityczna chromowo-niklowa posiada złe właściwości cierne. Próby polepszenia tych właściwości przez odpowiednie kucie nie dały rezultatu; powszechnie stosuje się azotowanie powierzchni trzonka. Ten zabieg przynosi dobre wyniki — przy warstwie o grubości 0,1 mm twardość Rockwell C-70. Azotowanie jednak zmniejsza odpor-

*) Odczyt wygłoszony na zebraniu Związku Polskich Inżynierów Lotniczych dnia 14 maja 1937 r.



Rys. 1. Zendrowanie się azotowanej powierzchni trzonka w zaworze wydechowym.

ność na zendrowanie, dlatego należy je kończyć na części trzonka zakrytej prowadnicą, ale i wówczas nie daje się uniknąć zendrowania się powierzchni azotowanej — fotografia rys. 1.

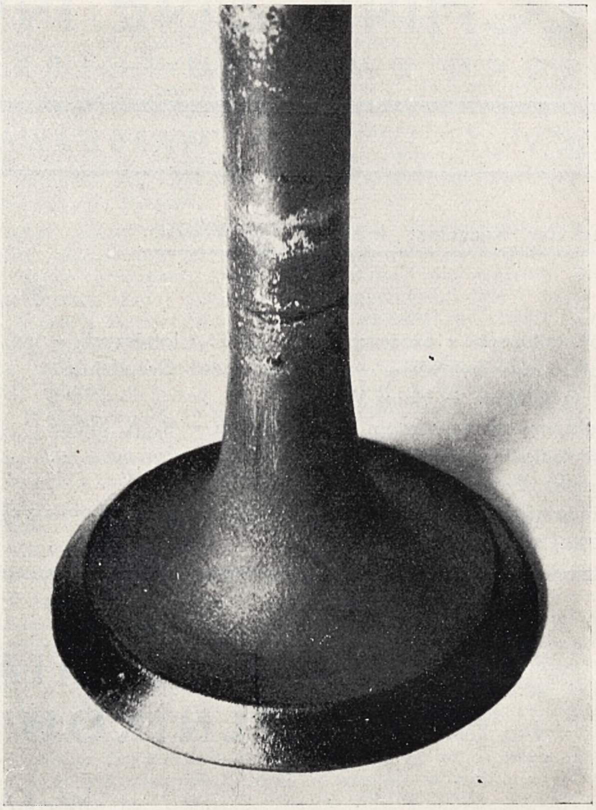
Mimo, że przy dłuższej prowadnicy możemy obniżyć temperaturę zaworu do 100°C [1]*), to, wobec niemożności smarowania trzonka w prowadnicy — zwłaszcza w dolnej części, wystającej w kanał wydechowy i nagrzewającej się silnie — otrzymalibyśmy w rezultacie tylko zbyt szybkie zużycie trzonka i prowadnicy. Należy przeprowadzić staranne studia nad usunięciem bocznego nacisku na trzonek zaworu od mechanizmu napędzającego, aby uniknać zacinania i wyrabiania sie trzonka w prowadnicy; ponadto cicha praca zaworów wynagrodzi również trudy poniesione.

Zacieranie się zaworu w prowadnicy.

Może ono być wynikiem deformacji prowadnicy lub następować na skutek tworzenia się koksu na trzonku, w miejscu gdzie prowadnica wystaje do kanału wydechowego i staje się czerwona od gorąca. Jeśli skrócimy wystającą do kanału wydechowego część prowadnicy, względnie całkowicie ją odetniemy, to wyeliminujemy w ten sposób jedną z gorszych przyczyn zacierania się zaworu (rys. 2).

Powiększenie luzu średnicowego dolnej części prowadnicy, wystającej w kanał wydechowy, nie daje godnej uwagi obniżki temperatury [1], a prowadnica staje się jakby gorącym rękawem. Luz ten sprzyjać będzie wytwarzaniu się koksu i niewątpliwie nastąpi moment, w którym tak wiele go się nagromadzi, że zawór będzie się zacierać i zawieszać, lub przynajmniej leniwie zamykać.

*) Cyfry w nawiasach kwadratowych odpowiadają spisowi literatury, podanemu przy końcu artykułu.



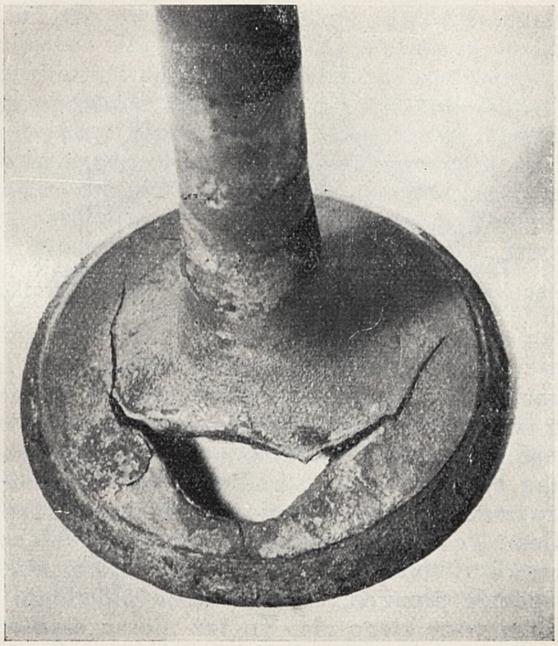
Rys. 2. Na trzonku w miejscu, gdzie on wychodzi w kanał wydechowy podczas otwierania się zaworu, tworzy się koks, prowadząc do zacierania się trzonka w prowadnicy. Na zdjęciu widoczne zatarcia w tym miejscu.

Ruch obrotowy zaworu jest rzeczą godną uwagi. Podczas pracy zawór powinien się obracać; wypróbowano to wielokrotnie i stwierdzono dodatni skutek. Nie można przeto dopuścić, aby istniało zacinanie się trzonka od bocznego nacisku dźwigni zaworowej, czy też zacieranie się jego w prowadnicy. Zawór, obracając się, sam się dociera, a osiadający na przylgni i siodle nalot jak również zendra niwelują się. Jeśli istnieje pewna nieszczelność siodła, to przy obracającym się zaworze przeciekający strumień gorących gazów oddziaływać będzie na coraz to inny punkt, nie niszcząc tak szybko zaworu.

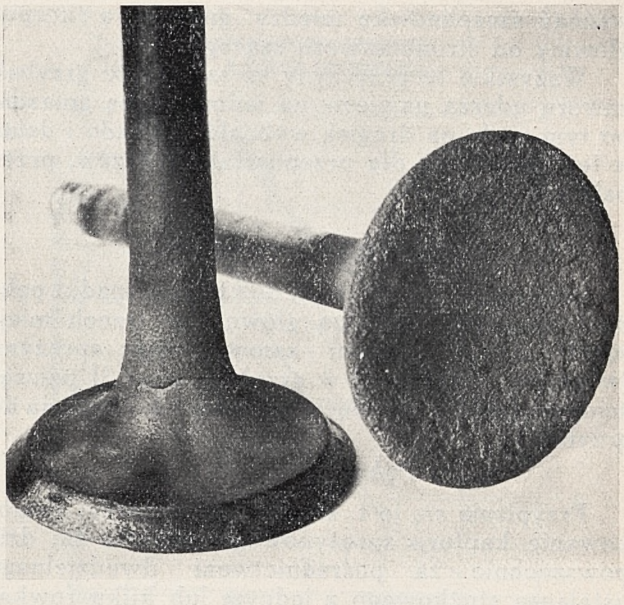
W przeciwieństwie do tego panuje u nas przekonanie, że ruch obrotowy zaworu jest szkodliwy, i przeciwdziała mu się, dając sprężyny o przeciwnym kierunku zwojów. Sprężyny zaworu zatem powinny mieć zgodny kierunek zwojów i odpowiednio dobrane skoki. Jeśli ponadto pod dolny koniec zewnętrznej sprężyny damy podkładkę typu łożyska kulkowego, to niewątpliwie ułatwimy ruch obrotowy zaworu. Tak proste pomysły godne są polecenia.

Przepalanie się zaworów na skutek korozji.

Zawór wydechowy posiada skłonność do zendrowania się na skutek zachodzącej w atmosferze gorących spalin korozji powierzchni jego, a zwłaszcza przylgni i siodła. Te objawy niszczenia powierzchni roboczych zaworu i gniazda zaczynają się od licznych i drobnych początkowo nadżarć, jakby punktowych nakłuć (pitting by indentation).



Rys. 3. Ciekawy wypadek defektu zaworu wydechowego. Zawór silnika Pegaz VIII, niestellitowany, po 200 godzinach pracy.



Rys. 4. Korozja zaworu wydechowego po 200 godzinach pracy. Niebezpieczne stadium przepalenia niestellitowanej przylgni.

Dodatek do stali zaworowych dużych ilości antykorozyjnych metali, jak chromu, krzemu i niklu, ma na celu wytworzenie jakby pancerza ochronnego dla czynników słabszych.

Niewątpliwie korozja występuje w miejscach defektów materiałowych, jako najbardziej temu podatnych, np. zanieczyszczenie w niedopuszczalnym stopniu stali domieszkami niemetalicznymi, strefa likwacyjna, większa porowatość materiału. Decydują również procesy technologiczne przy wytwarzaniu zaworu: nieodpowiednia temperatura kucia (np. zbyt niska końca kucia), nieprawidłowa obróbka termiczna, istnienie rys na powierzchni oraz naprężeń powstałych przy obróbce mechanicznej.

Jeśli chodzi o stale austenityczne o wysokiej zawartości Ni-Cr, to należy zaznaczyć, że niektóre wypadki powstawania korozji dają się wytłumaczyć wydzielaniem karbidów na granicach ziarn. Wszystkie wymienione powyżej defekty grają rolę ognisk rozszerzającej się korozji.

Tworząca się zendra, na skutek wewnętrznych naprężeń od zmian temperatury, uderzeń oraz zwiększenia w tym czasie objętości, pęka i odpryskuje, mogą zatem powstać nieszczelności, a w miejscu przeciekania najdrobniejszego choćby strumienia gazów występują miejscowe przegrzania powyżej roboczej temperatury grzybka i rozpoczyna się niszczący proces, doprowadzający grzybek zaworu do przepalenia, a później do pęknięć. Fotografia rys. 4 daje dobry obraz przepalonej przylgni grzybka. Za chwilę rozpoczęłoby się dmuchanie płomienia na dobre, co niewątpliwie doprowadziłoby wkrótce do katastrofy. Na spodzie grzybka leżącego zaworu mamy wymowny obraz działania paliwa z czteroetylkiem ołowiu. Przyczyną przepalania się zaworów może być również miękkość materiału. W zaworze, który zbyt mięknie przy wysokiej temperaturze pracy, wbija się nalot w przylgnię i w ten sposób powstaje nieszczelność przylegania grzybka do gniazda.

Wybijanie się zaworu w gnieździe.

Pod wybijaniem się zaworu w gnieździe rozumieć będziemy wszystkie przypadki, przy których zachodzi mimośrodowość gniazda w stosunku do prowadnicy zaworowej. Ta mimośrodowość może wynikać np. z nierównomiernego chłodzenia gniazda. Jeśli istnieją ściany różnej grubości i różne warunki chłodzenia, to gniazdo może być chłodzone z jednej strony więcej niż z drugiej. Gniazdo wówczas paczy się. Nie należy przeceniać chłodzenia strony bliższej zaworowi wlotowemu zasysaną mieszanką. Na ogół gniazdo zaworu wydechowego przesuwa się w kierunku zaworu ssącego. Zjawisko to przy odpowiednim doborze materiału na gniazdo nie wystąpi w tak znacznym stopniu, aby wpłynąć gwałtownie na bieg życia zaworu.

Poza tym nastąpić może trwały przyrost niektórych części kanału wydechowego przy przeciążeniu silnika, w wyniku czego otrzymamy przesunięcia względnie skrzywienia prowadnic w stosunku do gniazda. Ten trwały przyrost występuje zresztą zawsze, gdyż kanał wydechowy jest znacznie gorętszy, niż inne części cylindra. Dlatego też racjonalny jest zwyczaj poddawania nowego silnika pierwszej próbie i ponownego docierania zaworów.

Po trzecie, może istnieć boczny nacisk na trzonek zaworu, wywierany przez pęcznienie prowadnicy zbyt wystającej w kanał wydechowy, gdyż prowadnica zwykle z jednej strony nagrzewa się mocniej. Boczne oddziaływanie dźwigni zaworowej również prowadzić będzie do wybijania. Niewyrównoważenie sprężyn jest także duże, i zawsze występują boczne naciski.

Wreszcie wystąpić mogą deformacje dna głowicy, prowadzące do spaczenia gniazda. Często po długim i ciężkim okresie pracy silnika można

wsunąć szczelinówkę między gniazdo a korpus głowicy od strony zaworu ssącego.

Wszystkie te przyczyny sprawiają, że grzybek zaworu uderza najpierw na jedną stronę gniazda, po tym siada na drugiej, wybijając gniazdo i dając w ten sposób luz dla przepuszczania gazów, przepalających zawór.

Pęknięcia zaworów

Zdarzające się od czasu do czasu wypadki pęknięć zaworów zachodzą głównie w trzech miejscach: 1) w miejscu zamocowania sprężyny (w szyjce zaworu), 2) w grzybku, oraz 3) najczęściej spotykane pęknięcie trzonka na przejściu do grzybka.

Pęknięcia szyjki.

Przypisuje się je t. zw. działaniu karbu. Zamocowanie kaptura sprężynowego odbywa się dziś powszechnie za pośrednictwem dwudzielnego ustalacza stożkowego z jednym lub kilku rowkami. Jeśli tylko ustalacz dobrze przylega, spełnia ten system zamocowania dobrze swoją rolę pod warunkiem, że dobrze będą dobrane zaokrąglenia rowków. Jasne jest, że przy kilku rowkach trudniej jest uzyskać tak dobre przyleganie ustalacza, jak przy jednym szerokim podcięciu z dość dużymi zaokrągleniami w rogach.

Wpływ niewyrównoważenia sprężyn, nawet prostokątnie wykończonych, jest tak duży, że wpływa na zmęczenie podcięcia na trzonku, i w rezultacie otrzymujemy pęknięcia szyjki. To też narzuca się myśl zastosowania sferycznego przegubowego ustalacza pod jeden, względnie ponadto jeszcze przegubowej podkładki pod drugi koniec sprężyn zaworowych. Zmniejszylibyśmy w ten sposób i skłonność zaworu do wybijania gniazda i wycierania trzonka.

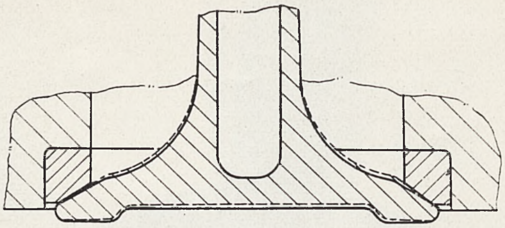
Pęknięcia grzybka zaworu

Kształt grzybka zaworu winien być przede wszystkim taki, aby był możliwie mało wrażliwy na temperaturę i absorbował jak najmniej ciepła zarówno od strony komory spalania, jak również i od strony kanału wydechowego. Zarzucono więc formę zaworu talerzykowego, przejętego z samochodu, i obecnie konstruuje się zawory z grzybkiem wklęsłym, posiadającym wzmocnione obrzeże, wskutek czego otrzymuje się pewną sprężystość i redukcję naprężenia na brzegu grzybka. Tak zgrubiony brzeg łatwiej rozprowadza miejscowe przegrzania na boki (po obwodzie).

Jak wykazały obserwacje, istnieje naokoło chłodniejszej przylgni gorący obwód, który, rozprężając się, będzie naprężać obwód grzybka. Zawory przy pracy mają więc tendencję do zmiany kąta przylgni, a co za tym idzie, do utraty styku z siodłem gniazda. Praktyka przeciwdziałała temu, dając o $\frac{1}{2}^0$ mniejszy kąt na przylgni zaworu, co uwidocznione jest na załączonym szkicu rys. 5.

Przy stalach austenitycznych mamy niskie przewodnictwo cieplne, sprzyjające spiętrzaniu się ciepła, oraz wysoką rozszerzalność, to też oba te czynniki mogą wywołać drobne pęknięcia na obwodzie grzybka, mogące się dalej rozszerzać.

Wobec stosowania obecnie gniazd stalowych,

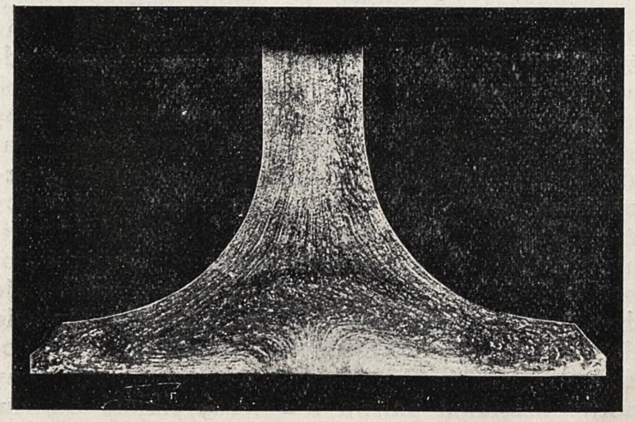


Rys. 5. Zawór wydechowy przy pracy deformuje się, przybierając kształt zaznaczony na rysunku liniami kreskowanymi.

mało zużywających się, należy starać się, aby grzybek jak najmniej wystawał ponad gniazdo, gdyż wystająca część grzybka może stać się bardzo gorąca, ciepło nie zdąży tak szybko przejść cienką częścią do ośrodków chłodniejszych, i otrzymać możemy pęknięcia na zewnątrz poza siodłem. Te drobne pęknięcia mogą się dalej rozszerzać i utworzyć szczelinę, przez którą przeciekać będzie płomień. Przeciekanie płomienia jest źródłem wszelkiego zła. To też nieszczelności na skutek korozji i wszystkich innych powodów prowadzić będą do przepaleń, pęknięć i odłamywania się kawałków grzybka, czasem rozpadającego się na dwie części. Zachodzące w takich warunkach pracy defekty grzybka mają swoje podłoże w trudnościach należytego wytworzenia zaworu, zwłaszcza o dużej średnicy. Należyte odkucie zaworu, prawidłowy przebieg włókien da nam wzrost odporności na przezwyciężenie trudnych warunków pracy (rys. 6).

Pęknięcia trzonka zaworu na przejściu do grzybka.

Ten wypadek urywania się zaworów jest najczęściej spotykany. Zachodzi on na skutek spadku wytrzymałości stali w wysokiej temperaturze pracy. To miejsce trzonka jest gorętsze od każdego innego w zaworze. Więcej ciepła przechodzi do zaworu wydechowego przez profil przejścia trzonka w grzybek, podczas omywania tego miejsca gorącymi wydyszynami, niż od strony komory spalania. Wypływające z komory spalania wydyszyny uderzają w to miejsce trzonka, nagrzewając je najbardziej. Okolicznością, sprzyjającą pęknięciom, będzie „klebotanie" się trzonka w prowadnicy i nierównomierne osiadanie w gnieździe.



Rys. 6. Zawór o prawidłowej strukturze linii włókien. W ten sposób zwiększamy wytrzymałość i sprężystość zaworu dla przeciwstawienia się ciężkim warunkom pracy.

Jedynie przez konstrukcję głowicy możemy zmniejszyć długość trzonka, wystającą w kanał wydechowy i ogrzewaną gorącymi spalinami, uzyskując ponadto możliwość zmniejszenia luzów zaworowych. Wprowadzona konstrukcja zaworu z wklęsłym grzybkiem umożliwia powiększenie zaokrąglenia profilu na przejściu trzonka w grzybek, nie powiększając wagi zaworu i poza tym przejście stożkiem do miejsca wystawania trzonka z prowadnicy.

Takie rozwiązanie umożliwia powiększenie średnicy trzonka w miejscu, które jest najgorętsze i które najpierw pęka pod działaniem omywających je gazów. Ta konstrukcja daje również lepszy przepływ ciepła do trzonka zaworu, a stąd do prowadnicy. Najskuteczniejszym jednak sposobem przeciwdziałania pęknięciom było wprowadzenie napełniania wydrążonego zaworu sodem. Stopiony sód, przelewając się w zaworze podczas pracy, rozprowadza ciepło po całym zaworze, nie dopuszczając do miejscowego przegrzania.

Uwagi do materiałów używanych na zawory wlotowe

Zawory wlotowe można budować z tych samych gatunków stali, które stosuje się na inne, wysoko obciążone części silnika, a więc ze stali Cr-Ni, Cr-Mo, czy też tylko niklowych.

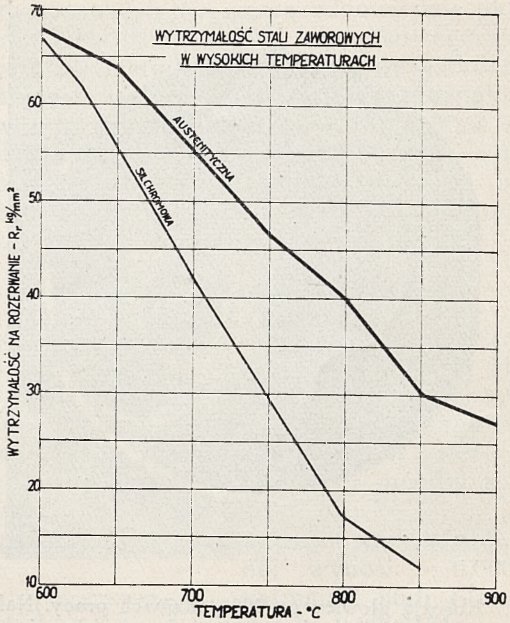
Zawór wlotowy ogrzewa się również, aczkolwiek znacznie mniej niż wydechowy. To też, w obawie, aby materiał nie stracił wytrzymałości w temperaturze pracy i nie rdzewiał podczas długich przestojów, używa się stali nierdzewnych, zbliżonych do typów stosowanych na zawory wydechowe.

Amerykanie stosują stale o zwiększonej zawartości wolframu, prawdopodobnie dla polepszenia właściwości ciernych.

Jeśli chodzi o twardość trzonka, to zauważyć należy, że twardość Rockwell C-50 uważać można za zupełnie wystarczającą, a w większości wypadków zadawalamy się nie wyższą niż 40. Wyjątek jedynie uczynić należy w odniesieniu do twardości wierzchołka trzonka zaworu, napędzanego ramieniem dźwigni. W praktyce przypawa się lub wciska na wierzchołku płytkę, t. zw. kowadełko, z odpowiedniego materiału, np. stellit i t. p. Przy pewnych stalach obróbka na zimno posiada wymowne cechy hartownicze, wierzchołek trzonka szybko utwardza się pod wpływem uderzeń dźwignią. Dla zaworów, posiadających powierzchniowe zetknięcie z dźwignią, nie potrzeba zatem większej twardości, niż nadana na trzonku, czy w miejscu zamocowania sprężyny.

Uwagi do materiałów używanych na zawory wydechowe

Istnieje już bardzo bogata literatura na temat stali zaworowych, obrazująca wyniki długoletnich doświadczeń i prób użycia najróżnorodniejszych materiałów na zawory. Rozważania na ten temat wykraczają poza ramy niniejszego referatu. Należy się zatem ograniczyć jedynie do dwóch gatunków stali stopowych. dziś najpowszechniej



Rys. 7. Wytrzymałość stali zaworowych w wysokich temperaturach.

stosowanych, niejako współzawodniczących między sobą i posiadających każda pewne cechy, których brak u drugiej. Tymi stalami są stale silchromowe (chromowo - krzemowe) oraz stale austenityczne chromowo-niklowe. Kwestia konkurencyjności jest jeszcze ciągle aktualną i w literaturze amerykańskiej znaleźć można dyskusje na ten temat i przykłady użycia tych stali w praktyce.

Ażeby zdać sobie sprawę z wartości tych stali, należy przeprowadzić porównanie na tle zasadniczych wymogów stawianych stalom zaworowym.

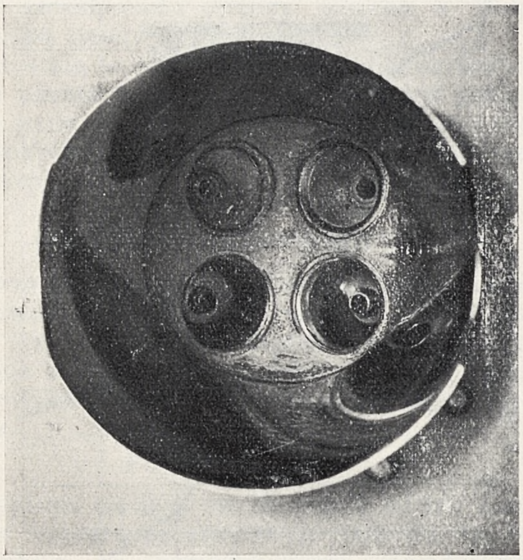
Wytrzymałość przy temperaturze pracy.

Maksymalną wytrzymałość na rozciąganie przy wysokiej temperaturze pracy zaworu mają stale austenityczne chromowo-niklowe. Czynnikiem podnoszącym wytrzymałość jest austenit, wytworzony przez nikiel łącznie z chromem w obecności węgla. Poza tymi domieszkami mamy przede wszystkim dodatek wolframu, dalej manganu, krzemu i molibdenu. Przez odpowiedni dobór tych składników można ulepszyć właściwości stali.

Dodatek węgla ma wielkie znaczenie, gdyż jest czynnikiem ułatwiajacym tworzenie się austenitu, a zatem podnosi wytrzymałość. Z dodatkiem węgla nie możemy jednak iść za daleko, gdyż wzrostowi zawartości węgla towarzyszyć będzie wydzielanie się karbidów na granicach ziarn, co wpływa ujemnie na procesy technologiczne przy wytwarzaniu zaworu i dalej na skłonność do korozji, aczkolwiek z drugiej strony karbidy polepszaja właściwości cierne.

Wolfram w ilościach do 5% podnosi wytrzymałość i twardość oraz polepsza właściwości cierne. Większa iloć wolframu wpływa źle zwłaszcza na odporność na korozję. Mangan i molibden również podnoszą wytrzymałość.

Stale silchromowe mają gorszą wytrzymałość przy wysokich temperaturach, to też użycie stali



Rys. 8. Korozja głowicy po 200 godzinach pracy. Nalot ten w czasie biegu silnika odpryskuje i dostaje się między powierzchnie robocze grzybka i gniazda.

austenitycznych stale wzrasta na skutek tego, że posiadają one większy stopień bezpieczeństwa wytrzymałościowego, mimo że mają pewne cechy, które nam nie odpowiadają.

Podany na rys. 7 wykres daje porównanie wytrzymałości w wyższej temperaturze dla obu stali, których składy odpowiadają niżej podanym wartościom:

	C	Si	Cr	Ni	W	Mn	V	Mo
Stal silchromowa	1,07	2,06	13,6	1,05	4,04	1,43	0,2	0,5
Stal austenityczna	0,41	0,92	14,0	14,7	2,0	0,79	—	—

1) z zaworu silnika amerykańskiego, wg. Handfortha
2) z zaworu silnika angielskiego — typ KE 965

Odporność na korozję i zendrowanie.

Chrom i krzem są dwoma najważniejszymi składnikami, przeciwstawiającymi się zendrowaniu i korozji, ale tylko łącznie i w odpowiedniej ilości, jeden bowiem ma za małą odporność. Stale o większej zawartości tych składników zaczynają zendrować przy wyższej temperaturze, niż stale o mniejszej zawartości.

O ile jednak chrom będzie składnikiem pożytecznym także jeżeli chodzi o polepszenie wytrzymałości, to dodatek krzemu wywołuje ujemny wpływ na wytrzymałość w wyższej temperaturze, powiększa kruchość, a przy 5% zawartości jego przeróbka cieplna stali jest już zbyt utrudniona. To też dodatek krzemu nie powinien na ogół przekraczać 3%.

Na ogół odróżnia się odporność na zendrowanie od odporności na korozję, którą to korozję powiększa oddziaływanie czteroetylku ołowiu. Jeżeli weźmiemy pod uwagę tylko zendrowanie się stali w utleniającej atmosferze spalin, to stale silchromowe wykazują dobre zachowanie się przy temperaturach powyżej 800°C, czemu, jak wiemy, towarzyszy jednak spadek wytrzymałości; zaś w/g Musatti i Reggiori [3] stale austenityczne poczynają mocniej zendrować powyżej tej temperatury. Nieco większą odporność na oddziaływanie czteroetylku ołowiu przypisuje się stalom austenitycznym.

Reasumując powyższe powiemy, że w odporności na korozję i zendrowanie się nie zaznacza się poważna różnica na korzyść żadnej z tych stali.

Twardość.

Zawory ze stali austenitycznych posiadają znacznie więcej zużyte przylgnie nawet po krótszym biegu, niż zawory ze stali silchromowych. Już w zwykłej temperaturze stale austenityczne nie są bardzo twarde (ok. 20-Rockwell C), a w temperaturze pracy dalej mięknąą, więc nalot łatwo wbija się w nie i powoduje zużywanie się ich. Dochodzimy zatem do konieczności pokrywania powierzchni pracującej grzybka stellitem, do której to kwestii powrócimy.

Niedostateczna twardość trzonków powoduje również wycieranie się ich i w następstwie złe prowadzenie zaworu w prowadnicach. Polepszenie właściwości ciernych trzonka przez azotowanie daje znaną nam już skłonność powierzchni azotowanej do zendrowania się i odpryskiwania. Rys. 1 przedstawia powyższy defekt azotowanej powierzchni trzonka.

Natomiast stale silchromowe dają się hartować, to też stosujemy ulepszanie tych stali, uzyskując w ten sposób twardości rzędu 50-Rockwell C, którą to wartość należy uznać za zadawalającą; ta cecha stali silchromowych należy do dominujących.

Niezwykle ciężkie warunki pracy wierzchołka trzonka zaworu (kowadełka) zmuszają nas do nakładania na wierzchołki trzonków specjalnych płytek z utwardzoną powierzchnią, względnie, przy bardzo ciężkiej pracy, ze specjalnie twardego materiału, np. stellit. Takie same nakładki stosuje się i do zaworów ze stali silchromowych, jak to widać na zaworze amerykańskim silnika Wright-Cyclone, rys. 17.*) Handforth podaje minimalną twardość kowadełka 55-Rockwell C.

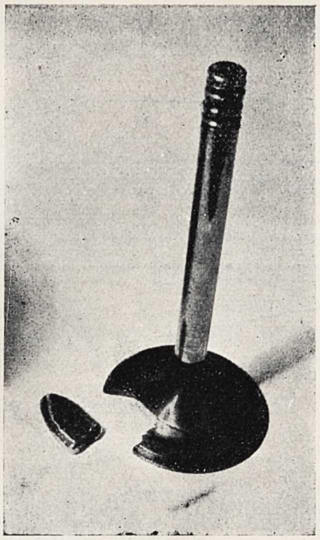
Udarność.

Obok wytrzymałości i twardości znaczenie również posiada udarność. Boegehold i Johnson [4] podają, że udarność przy zwykłych temperaturach nie powinna być mniejsza od 1,4 kgm, a w temperaturach między 540° i 840°C nie mniejsza niż 3,5 kgm (wg. Izoda).

Udarność stali austenitycznych w zwykłych temperaturach jest wysoka w porównaniu do silchromowych, mianowicie powyżej 2 kgm. Stale silchromowe w tych warunkach są bardzo kruche, wykazując udarność od 0,4 do 0,8 kgm i chociaż udarność ta szybko wzrasta ze wzrostem temperatury do wartości około 9 kgm, to jednak można się obawiać defektów zaworów przy zimnym silniku.

Ostre kąty w miejscu zamocowania sprężyny przy stalach silchromowych powinny być bezwzględnie unikane, podczas gdy przy stalach austenitycznych kąty ostrzejsze są jednak dopuszczalne.

*) Rysunek ten będzie zamieszczony w dokończeniu odczytu w następnym numerze.



Rys. 9. Pęknięcie grzybka zaworu wlotowego od nadmiernych sił dynamicznych, powstałych przez zbyt wielki luz zaworowy.

Stałość struktury.

Stałość struktury osiągnąć można wówczas, gdy stal posiadać będzie punkt przemiany znacznie wyżej ponad temperaturę pracy, względnie wcale go posiadać nie będzie. Również warunek samohartowania się w powietrzu winien być spełniony, aby przy ochładzaniu się zaworów uniknąć powstawania rys, jako następstwa powtarzającego się hartowania. Te komplikacje są jednakże opanowane przez zastosowanie stali austenitycznych oraz chromowo-krzemowych, które posiadają wysoko położony punkt przemiany dzięki dodatkom chromu i krzemu. Jedynie długotrwała praca zaworu w wysokiej temperaturze może przynieść po tym pewną obniżkę udarności w temperaturach otoczenia.

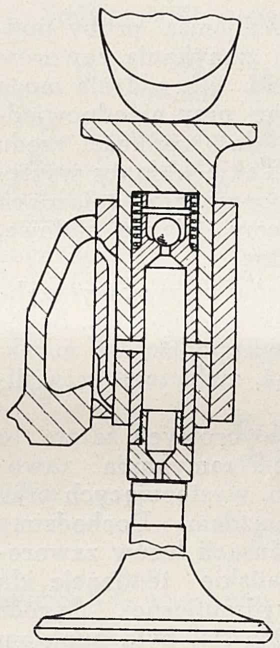
Przewodność cieplna.

Wpływa ona na obniżenie temperatury zaworu, a przez to zwiększa wytrzymałość i odporność na zendrowanie, gdyż niska przewodność sprzyjać będzie miejscowym przegrzaniom. Według doświadczeń amerykańskich, angielskich i niemieckich [5] przewodności cieplne stali martenzytycznych Cr-Si oraz austenitycznych Cr-Ni są w obszarze temperatur, panujących w silniku, tak zbliżone, że występują te same temperatury zaworów. Przeprowadzone próby na silnikach w tych samych warunkach z zaworami z obu gatunków stali wykazały praktycznie te same temperatury. Przewodność cieplna stali zaworowych jest niska. To też obniżenia temperatury szukać należy na drodze konstrukcyjnej przez odpowiednie ukształtowanie głowicy i kanału wydechowego, przez polepszenie chłodzenia, a nade wszystko, przez napełnienie zaworu sodem, t. j. powiększenie przewodności cieplnej i niejako chłodzenie zaworu od wewnątrz. W ręku konstruktora leży ponadto możność wpływu na cały szereg innych czynników, oddziałujących na temperaturę zaworu.

Rozszerzalność.

Rozszerzalność wiąże się z luzami zaworowymi, które muszą być o 50% większe przy stalach austenitycznych, niż przy silchromowych. Oznacza to, że musimy dać większe luzy zaworowe na zimno, gdyż w przeciwnym razie, w czasie pracy luz zostałby skasowany i zawór mógłby się niedomykać.

Spółczynnik rozszerzalności stali austenitycznej wynosi — 0,0000186, natomiast stali silchromowej — 0,0000131.



Rys. 10. Hydrauliczna kompensacja luzów zaworowych w silniku Pierce-Arrow.

Niemniej ważne są luzy w prowadnicach, które przy trzonku 9 mm muszą być przy stalach austenitycznych większe o 0,03 mm, niż przy silchromowych.

Większość całkowitego przyrostu długości pochodzi z części wystającej w kanał wydechowy, to też jedynie przez konstrukcję głowicy można zmniejszyć długość trzonka, wystającą w kanał i ogrzewaną gorącymi spalinami, a przez to zmniejszyć luzy zaworowe.

Przeróbka.

Stale silchromowe dają się łatwiej kuć i są tańsze od austenitycznych.

Reasumując zatem, powiemy, że wysoka rozszerzalność stali austenitycznych i niedostateczna twardość przemawiają przeciw nim, zaś niska wytrzymałość w wysokich temperaturach oraz mała udarność na zimno należą do wad stali silchromowych. To też użycie stali austenitycznych wzrasta, gdyż idziemy wciąż naprzód w podnoszeniu wydajności silnika lotniczego i chcemy mieć większy stopień bezpieczeństwa wytrzymałościowego.

Kłopoty z luzami zaworowymi

Konieczność ciągłej regulacji luzów zaworowych nastręcza w praktyce wiele kłopotu. Przy pracy silnika zachodzi nierównomierność rozgrzewania się napędów zaworowych z jednej strony, a cylindra z drugiej; dalej, gorąco powoduje wydłużanie się trzonka samego zaworu. W wyniku tych oddziaływań mogłoby zajść najpierw skasowanie luzu, a następnie niedomykanie się zaworu. Niedomknięcie się zaworu nawet na najmniejszą długość będzie w skutkach katastrofalne. To też, chcąc tego uniknąć, dajemy duże luzy zaworowe. Duże luzy powodują uderzenia zaworu o gniazdo przy siadaniu, wywołując nadmierne siły dynamiczne w zaworze i prowadząc do zużywania się gniazd i napędów zaworowych. Fotografia rys. 9 przedstawia pęknięcie grzybka zaworu wlotowego, wynikłe na skutek defektu dźwigni zaworowej i przez to nadmiernie powiększonego luzu.

Przeprowadzone przez Williamsa próby podkreśliły znaczenie szybkości zamykania zaworów w stosunku do zużycia gniazd. Te zużycia mogą być nawet b. duże, dochodząc przy nieodpowiednim materiale na gniazda, do wielkości rzędu 1 mm na 50 godzin pracy. Takie kłopoty występowały i przy używanych poprzednio gniazdach brązowych. Obecnie stosujemy gniazda stalowe, które zużywają się nieznacznie.

Z analizy krzywej wzniosów otrzymamy szybkości zamykania zaworów dla danego luzu. Szybkości te powinny być możliwie poniżej 0,5 m/sek, co niezawsze da się osiągnąć, zwłaszcza przy silnikach szybkobieżnych.

Kwestia dużych luzów zaworowych zatem, to kwestia nadmiernej szybkości zamykania zaworów i uderzeń dynamicznych, występujących przy stykaniu się zaworu z gniazdem. Dochodzimy więc do konieczności kompensacji luzów zaworowych, przy czym amerykańskie tendencje idą w kierunku kompensacji hydraulicznej. Oprócz spokojnej pracy, która, zdaje się, była punktem wyjścia konstruktorów, wprowadzających kompensację, zachowamy właściwą regulację ustaloną na początku, bez względu na wydłużalność stali na skutek zmian temperatury. Napędy zaworowe pracują wówczas cicho, nie zużywając się w tym stopniu, jak bez hydraulicznej kompensacji luzów.

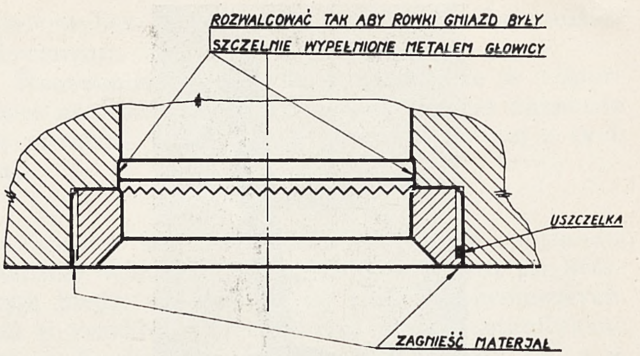
Umieszczenie elastycznego członu w mechanizmie, podlegającym wstrząsom, dodatnio wpływa na jego pracę. Kompensacja zapobiega wybijaniu się zaworów w gniazdach, zabezpiecza je przed zawieszaniem się w prowadnicach i usuwa konieczność stałej i zbyt częstej regulacji luzów.

Hydrauliczna kompensacja luzów jest zagadnieniem ważnym i pożądanym jest wprowadzenie jej do naszych własnych konstrukcyj silników (rys. 10).

Gniazda

Zamocowanie gniazda.

Dla gniazda, tak samo jak dla zaworu, postawimy warunek, aby wytrzymywało żywot silnika



Rys. 11. Zamocowanie gniazda na gwint

i nie wymagało szlifowania aż do pierwszego przeglądu silnika. Od materiału gniazda przede wszystkim wymagać będziemy odporności na korozję i zendrowanie, poza twardością, udarnością i odpowiednim spółczynnikiem rozszerzalności, zbliżonym do wartości dla materiału głowic (do 105° — 0,0000225; do 349°C — 0,000025), i zapewniającym dobre przyleganie gniazda do głowicy w całym obszarze temperatur.

Jak zamocować gniazdo? Najlepszą powierzchnię zetknięcia daje bezpośrednie wciśnięcie gniazda w dobrze obrobiony otwór w głowicy; przed wciśnięciem należy uprzednio zamrozić gniazdo. Wkręcenie gniazda na gwint daje niewątpliwie dobry uchwyt, lecz gniazdo przez to wcale nie jest chłodniejsze, a konstrukcja taka jest droższa. Rys. 11 przedstawia kunsztowny sposób zamocowania gniazda na gwint, stosowany przez f-mę „Bristol".

Amerykański sposób wciskania gniazda jest rozwiązaniem pewnym i sprowadza się do dokładnego doboru materiału, dokładnej obróbki otworu w głowicy oraz zapasu mięsa w głowicy wokoło gniazda. Zluzowanie się gniazda będzie w pierwszym rzędzie wywołane zbyt szczupłym zapasem materiału w głowicy wokoło gniazda.

(D. n.)

CAŁKOWANIE WYKREŚLNE

Inż. ALEKSANDER GRZĘDZIELSKI

Całkowanie wykreślne stosujemy w wypadkach, gdy całkowanie analityczne jest niewykonalne lub zbyt uciążliwe, a dokładność rachunku na to pozwala. Weźmiemy tu pod uwagę zagadnienie następujące: Dana jest zmienna niezależna oznaczona przez u, pewna jej funkcja $F(u)$, przedstawiona wykresem lub w tabeli, szukana zaś jest inna funkcja $V(u)$, związana z poprzednią ogólnie równaniem

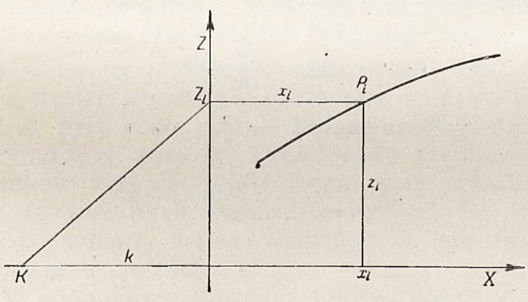
$$\frac{d^n V}{d u^n} = F(u) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Gdy $n = 1$ mówimy o całkowaniu prostym, wtedy rozwiązaniem jest

$$V(u) = \int_0^u F(u)\, du + C$$

Gdy zaś $n = 2$, o całkowaniu podwójnym i wtedy

$$V(u) = \int_0^u \left[\int_0^u F(u)\, du \right] du + C_1 u + C_2$$



Rys. 1.

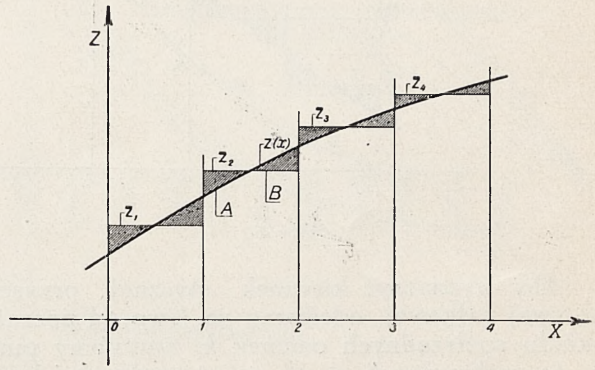
W praktyce nie napotykamy zazwyczaj całkowań wyższego rzędu. C, C_1 i C_2 są stałymi, które wyznaczyć należy z warunków krańcowych zadania. Wielkości u, V, F są prawie zawsze mianowane i jako takie posiadają właściwe im wymiary: siły, długości, pracy, momentu, sztywności i t. p., które oznaczamy symbolami $[u]$, $[V]$, $[F]$. Spełniają one w naszym wypadku na podstawie (1) równanie warunkowe

$$[V] = [F]\,[u]^n \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

wyrażające porównanie z sobą wielkości tak samo mianowanych.

Przeprowadzenie wykreślnego obliczenia wymaga obrania odpowiedniej skali rysunku. Przyjmijmy w tym celu, że wielkość u przedstawia x centymetrów i podobnie V, y i F, z centymetrów. Między przebiegiem rzeczywistym zjawiska i jego obrazem wykreślnym ustalona jest zależność za pomocą dowolnie, jednak celowo, obranych spółczynników skali: k_u, k_v, k_F tego rodzaju, że

$$u = k_u\, x, \quad V = k_v\, y, \quad F = k_F\, z \quad . \; . \quad (3)$$



Rys. 2.

Spółczynniki te posiadają wymiary

$$[k_u] = \frac{[u]}{[\mathrm{cm}]}, \quad [k_v] = \frac{[V]}{[\mathrm{cm}]}, \quad [k_F] = \frac{[F]}{[\mathrm{cm}]}$$

Po wykonaniu obliczenia, które, jak należy podkreślić, jest tylko operacją geometryczną, otrzymujemy wielkość rzeczywistą V, mnożąc ilość centymetrów wynikowej długości y, przez spółczynnik skali. Podstawmy teraz zależności skalolowe (3) w równaniu wyjściowym (1),

$$\frac{d^n (k_v\, y)}{d\, (k_u\, x)^n} = k_F\, z$$

czyli

$$\frac{d^n y}{dx^n} = \frac{z(x)}{k} \quad . \; . \; . \; . \quad (4)$$

gdzie

$$k = \frac{k_v}{k_F\, k_u^n} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

Wobec (3) wymiarem wielkości k jest

$$[k] = \frac{[V]}{[\mathrm{cm}]} \cdot \frac{[\mathrm{cm}]}{[F]} \cdot \frac{[\mathrm{cm}]^n}{[u]^n} = [\mathrm{cm}]^n$$

Podstawową operacją będzie całkowanie proste przy $n = 1$. Równanie

$$\frac{dV}{du} = F(u) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

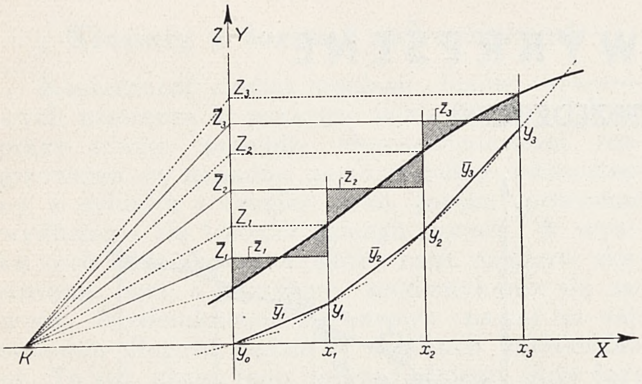
przechodzi po wprowadzeniu spółczynników skali w

$$\frac{dy}{dx} = \frac{z(x)}{k} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

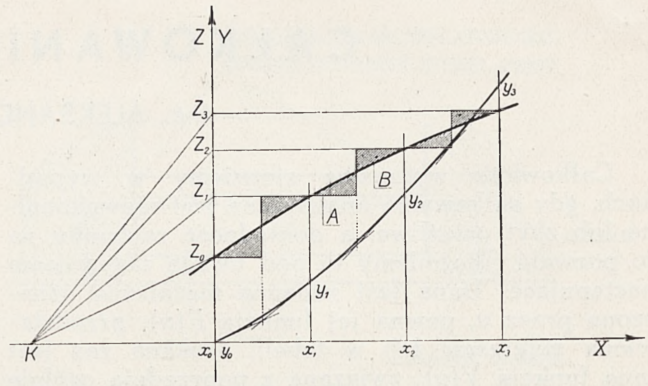
gdzie

$$k = \frac{k_v}{k_F\, k_u}, \quad [k] = [\mathrm{cm}] \quad . \; . \; . \quad (8$$

Wymiarem k jest centymetr. Równanie (7) wyraża, że w prostokątnym układzie spółrzędnych x, y styczna do krzywej $y\,(x)$ ma w każdym punkcie o odciętej x_i nachylenie względem osi x równe $\frac{z(x_i)}{k}$. Sporządźmy wykres $z = z\,(x)$ (rys. 1), przyjmując x za oś odciętych, a y za oś rzędnych, na której odnosić będziemy jednocześnie z.



Rys. 3.



Rys. 4.

Aby wyznaczyć kierunek stycznej przyszłej krzywej całkowej, odcinamy na lewo od początku układu spółrzędnych odcinek k, rzutujemy punkt P_i (o spółrzędnych x_i z_i) na oś rzędnych i łączymy punkty Z_i i K. Prosta K Z_i daje nam kierunek stycznej krzywej całkowej y. Aby wyznaczyć ją w całości zastąpimy teraz krzywą $z = z(x)$ (która może być nieciągła, posiadać skoki i załamania) ciągiem prostokątów o wysokościach $\bar{z}_1, \bar{z}_2, \bar{z}_3$ i t. d. obranym tak, aby powierzchnia każdego z nich była odpowiednio równa powierzchni zawartej między krzywą $z(x)$, osią x i rzędnymi skrajnymi prostokąta.

Po wykonaniu całkowania tej krzywej, otrzymamy zastępczą, przybliżoną krzywą całkową, która atoli będzie posiadać z krzywą dokładną punkty wspólne na granicach prostokątów. Wynika to z równości powierzchni częściowych. Trudnością zdaje się tu być wyznaczenie średnich wysokości tych powierzchni. Nie jest ona jednak istotna, gdyż wysokości można wyznaczyć dostatecznie dokładnie oceniając „na oko" równość zakreskowanych pól trójkątowych A i B (rys. 2), bowiem oko ludzkie posiada znaczną zdolność porównania wielkości małych powierzchni o zbliżonym kształcie. Wyznaczenie krzywej całkowej linii łamanej $\bar{z}_i$ nie sprawia żadnych trudności. Mamy bowiem w każdym odstępie i, k

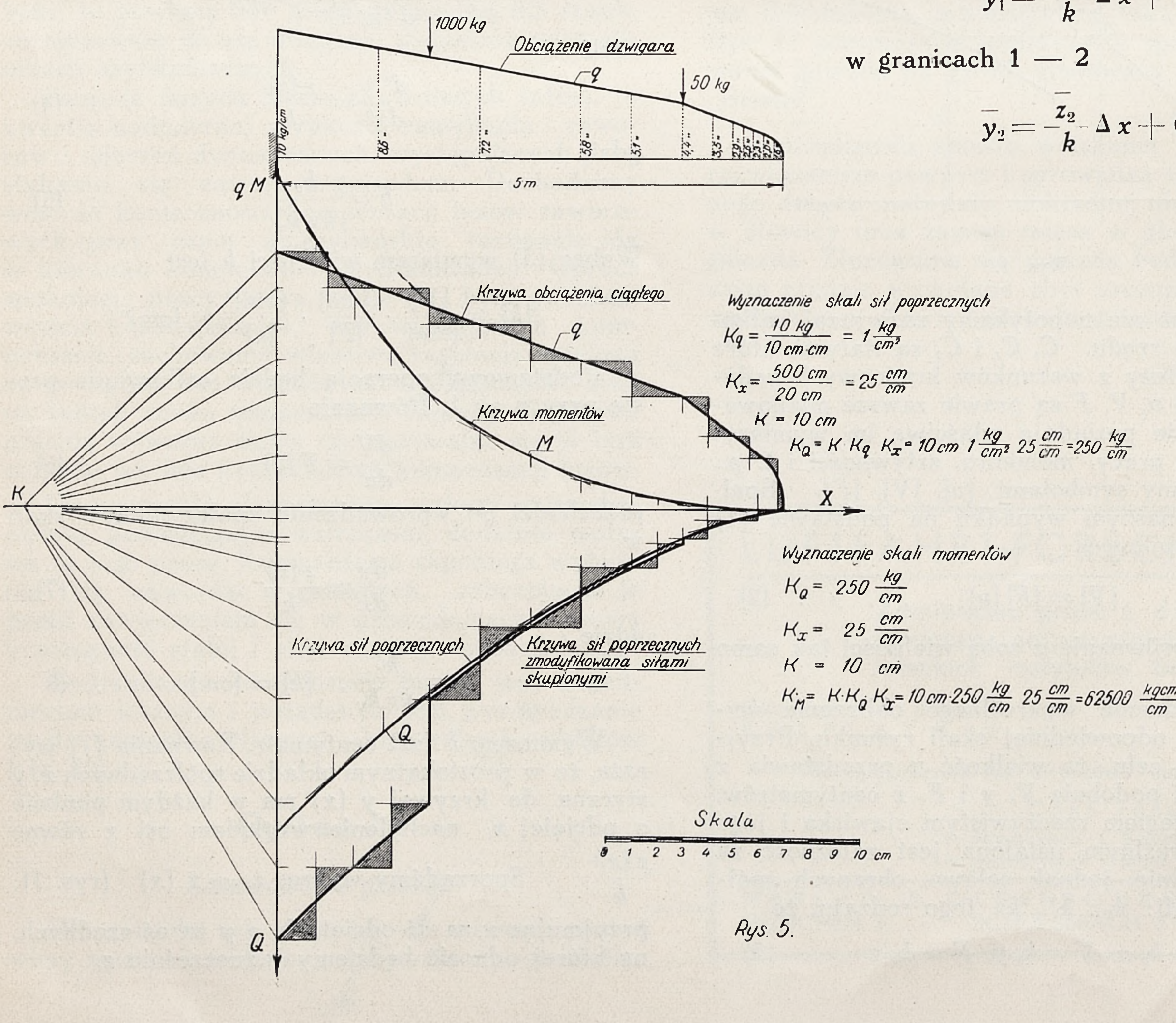
$$\frac{d\bar{y}_k}{dx} = \frac{\bar{z}_k}{k}$$

czyli w granicach 0 — 1

$$\bar{y}_1 = \frac{\bar{z}_1}{k} \Delta x + C_1$$

w granicach 1 — 2

$$\bar{y}_2 = \frac{\bar{z}_2}{k} \Delta x + C_2$$



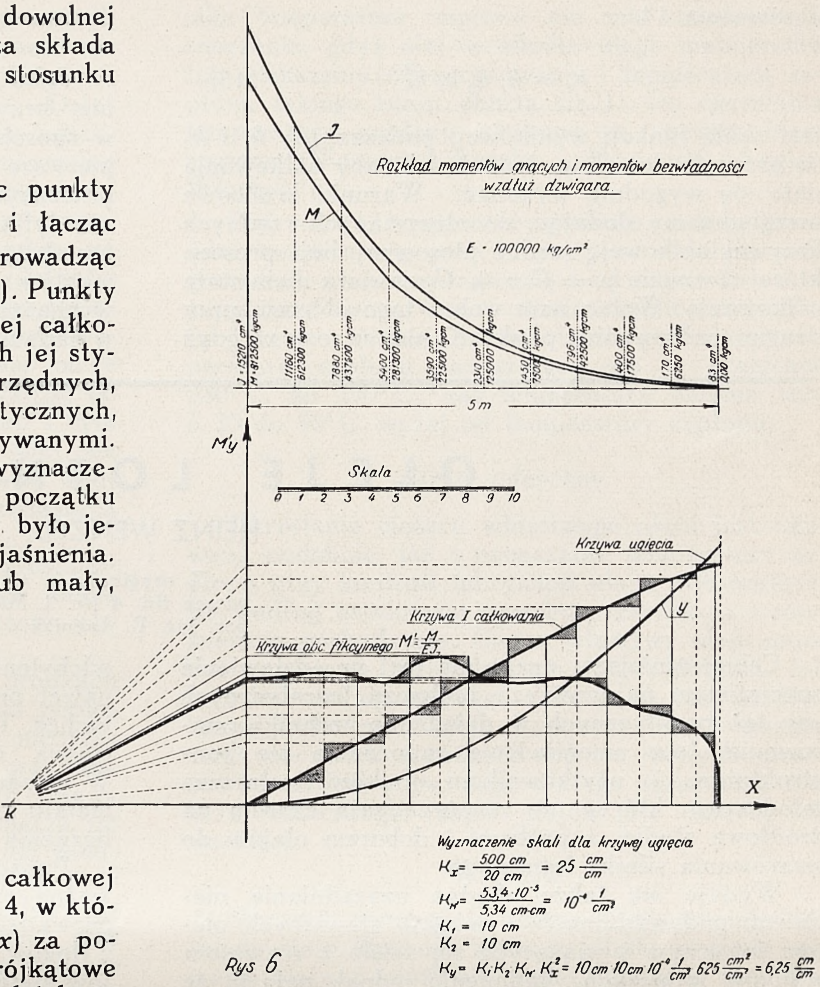
Rys. 5.

i t. d., gdzie Δx oznacza przyrost x od dowolnej granicy odstępu. Linia całkowa zastępcza składa się więc z odcinków nachylonych w stosunku

$\frac{\bar{z}_1}{k}, \frac{\bar{z}_2}{k}$ i t. d.

Wyznaczymy ją wykreślnie, rzutując punkty o spółrzędnych $\bar{z}_i$, x_i na oś rzędnych i łącząc otrzymane punkty $\bar{Z}_i$ z K, następnie prowadząc równoległy ciąg linii $\bar{y}_1$, $\bar{y}_2$, $\bar{y}_3$ i t. d. (rys. 3). Punkty y_i, x_i leżą zarazem na dokładnej krzywej całkowej. W celu wyznaczenia w tych punktach jej stycznych, rzutujemy punkty z_i x_i, na oś rzędnych, łączymy Z_i z K_i i otrzymujemy kierunki stycznych, przedstawione na rysunku liniami przerywanymi. Uwzględnienie warunku krańcowego i wyznaczenie stałej całkowania polega na obraniu początku skali dla V w ten sposób, aby dla $u = u$ było jednocześnie $V = V_0$, co nie wymaga wyjaśnienia. Jeżeli odcinek k wypada zbyt wielki lub mały, konstrukcja staje się niewygodna; świadczy to, że skala k_v obrana jest niewłaściwie. Można wtedy założyć k dowolnie i obliczyć k_v z równania.

$$k_v = k \cdot k_F k_u$$



Rys 6

Sposób powyższy kreślenia krzywej całkowej daje się nieco uprościć, jak wskazuje rys. 4, w którym w każdym odstępie zastąpiliśmy $\bar{z}(x)$ za pomocą dwóch prostokątów, tak aby pola trójkątowe A' i B' były sobie równe. W punktach podziału x_i otrzymujemy zarazem prawidłowe rzędne, a ciąg odcinków krzywej przybliżonej jest jednocześnie ciągiem stycznych krzywej całkowej. Po tym co powiedzieliśmy wyżej konstrukcja nie wymaga dalszych wyjaśnień.

W wypadku całkowania podwójnego

$$\frac{d^2 V}{d u^2} = F\ u)$$

trzeba wykonać opisaną operację geometryczną dwa razy. Jako pierwszą funkcję całkową otrzymujemy pewną funkcję $T(u)$ z równania

$$\frac{dT}{du} = F(u)$$

następnie wyznaczamy $V(u)$ z równania (11)

$$\frac{dV}{du} = T(u)$$

Wprowadźmy spółczynniki skali przez równania

$$u = k_u x, \quad V = k_v y, \quad F = k_F z, \quad T = K_T t \quad . \quad (12)$$

gdzie, jak poprzednio, x, y, z, t są mierzone w centymetrach.

Po podstawieniu będziemy mieli

$$\frac{dt}{dx} = \frac{z(x)}{k_1}, \quad \frac{dy}{du} = \frac{t(x)}{k_2} \quad . \ . \ . \quad (13)$$

gdzie

$$k_1 = \frac{k_t}{k_F k_u}, \quad k_2 = \frac{k_v}{k_T k_u} \quad . \ . \ . \quad (14)$$

i

$$[k_1] = [\mathrm{cm}], \quad [k_2] = [\mathrm{cm}]$$

Wyznaczenie skali wielkości pośredniej T może być nieraz zbędne i wtedy po wyrugowaniu k

z równania 14

$$k_v = k_1\, k_2\, k_F\, k_u^2 \quad . \; . \; . \quad (15)$$

jest skalą funkcji wynikowej, podczas gdy k_1 i k_2 są przyjęte dowolnie, jednak tak, aby całkowanie dało się wygodnie wykonać. Warunki krańcowe uwzględniamy dodając do otrzymanych rzędnych krzywej całkowej, rzędne stosownej linii prostej, której równanie $y = C_1x + C_2$ zawiera dwie stałe całkowania. Wolno nam wobec tego obierać, przy drugim całkowaniu, punkt K nie na osi x, gdyż przesunięcie jego równolegle do osi rzędnych jest równoważne dodaniu funkcji liniowej.

Jako przykład podajemy w rys. 5 wyznaczenie krzywej momentów dźwigara obciążonego w sposób ciągły i siłami skupionymi. Wykonując pierwsze całkowanie otrzymaliśmy wykres sił poprzecznych dla obciążenia ciągłego, następnie zmodyfikowaliśmy go siłami skupionymi i wykonując drugie całkowanie otrzymaliśmy wykres momentów. Wreszcie na rys. 6 podaliśmy przykład wyznaczenia linii ugięcia pod obciążeniem jak w zadaniu poprzednim.

OLEJE LOTNICZE

HEINZ WENZEL

Z oryginału p. t. „Schmieröle für Flugmotoren" Luftwissen Bd. 4 Nr. 3, März 1937, str. 73 — 78 przetłumaczył por. inż. B. Łuźniak.

Celem niniejszej pracy nie jest przedstawienie specjalistom najnowszych zdobyczy teoretycznych czy też praktycznych w dziedzinie techniki smarowania, lecz umożliwienie zapoznania się konstruktorom i użytkownikom silników (zwłaszcza młodszym), którzy nie rozporządzają czasem na źródłowe studia, z próbami i doborem olejów do smarowania silnika lotniczego.

Wydaje się także zbędne uzasadnianie niedawno podwyższonych wymagań, stawianych olejom lotniczym i wiążących się ściśle z rozwojem silników lotniczych. Nadmienić jednak należy, że zastosowanie paliw o wysokiej odporności na detonację, doładowanie i powiększenie obrotów silników w połączeniu z chłodzeniem silników glikolem (średnie temperatury ścianek cylindra wyższe), stosowanym głównie z powodu możliwości budowy mniejszych chłodnic, są głównymi przyczynami rosnących wymagań w dziedzinie środków smarnych.

Zadania oleju

Głównym zadaniem oleju jest niedopuszczenie w sposób trwały do metalicznego zetknięcia się dwu po sobie ślizgających się części silnika. Do części silnika, które pod tym względem stawiają najwyższe wymagania olejowi, należą łożyska. Jeżeli jeszcze przed kilku laty nacisk w łożyskach 70 — 80 kg/cm² uważany był jako duży, to dzisiaj 150 kg/cm² i przy niepomyślniejszych warunkach pracy, nawet dwa razy więcej, musi być dopuszczane.

Płynne albo idealne tarcie, t. zn. dokładne rozdzielenie wału i panewki filmem olejowym, jest w silnikach spalinowych, a osobliwie w silnikach lotniczych niestety nie zawsze w wymaganym stopniu wykonalne. Przy rozruchu zimnego silnika i niskich temperaturach otoczenia nie może się wytworzyć film olejowy dla tego, że dopływ oleju do łożysk z powodu dużej lepkości oleju przy niskich temperaturach jest prawie niemożliwy. Także już podczas normalnej pracy gorącego silnika utworzeniu wytrzymałego filmu olejowego będą bardzo przeszkadzały ciągłe zmiany obciążenia i pewne odchylenie czopa wału względem łożysk nośnych, nawet przy idealnym warsztatowym dopasowaniu tychże. Taki rodzaj tarcia, t. zw. tarcie półpłynne, stawia olejowi naturalnie wyższe wymagania. W wypadku tym przyczepność (adhezja) oleju do metalu musi być tak duża, aby przeszkodzić metalicznemu zetknięciu i w następstwie zatarciu.

Ponadto olej w silniku lotniczym ma dalsze ważne zadanie do spełnienia, a mianowicie: odprowadzanie ciepła z łożysk i przede wszystkim z tłoków. Ciepło właściwe oleju jest małe (dla olejów mineralnych około 0,5 Kal/kg, dla oleju rycynowego około 0.67 Kal/kg) i dlatego dla skutecznego odprowadzania ciepła ilość oleju będąca w obiegu lub szybkość obiegowa muszą być bardzo duże. Pierwsza droga prowadzi do zabierania większego zapasu oleju na płatowcu i wobec tego w praktyce wybierana będzie przeważnie druga droga.

Dalszym zadaniem oleju jest współpraca z pierścieniami tłokowymi nad uszczelnianiem komory spalania. Wymagana jest przy tym mała zdolność oleju do wydzielania i pozostawiania osadów, gdyż wtedy osiąga się wprost przeciwny cel, a mianowicie zaklejenie pierścieni i w następstwie tego nieszczelność. Wymaganie to jest bardzo silnie zaznaczone w stosunku do olejów do smarowania współczesnych silników lotniczych.

Warunki stawiane olejowi i metody badania żądanych własności oleju

Pomimo, że wymagania silnika lotniczego od oleju sprowadzają się do dwóch najważniejszych własności: 1) dobrej smarności. 2) odporności na starzenie, to musi być jednak wymagane dotrzymanie przez olej kilku innych fizyko-chemicznych własności, bez których prawidłowa praca silnika byłaby niemożliwa.

Oleje nie powinny zawierać obcych ciał, wody i składników powodujących korozję.

Dobry olej nie powinien zawierać zanieczyszczeń wszelkiego pochodzenia. Przed wszy-

stkimi innymi należy postawić tu opiłki metali, które mogą dostać się do oleju z nowozabudowanych przewodów, zaworów i t. p. i podobnie jak piasek zniszczyć silnik w krótkim czasie. Dalej olej nie powinien zawierać wolnej, t. zw. odstawalnej wody. Ponieważ poza tym oleje mineralne posiadają pewną skłonność do absorbowania wody należy na tę możliwość zwrócić uwagę przy magazynowaniu oleju. Woda, ma nie tylko wpływ na starzenie się oleju przez podwyższanie zdolności oleju do wydzielania większej ilości osadów (szlamu) w silniku, lecz może ona być powodem tworzenia się emulsji, co z kolei spowodować może zakorkowanie przewodów, lub może prowadzić do rozrywania się filmu olejowego w łożysku i tym podobnych zjawisk. Jest zrozumiałe, że olej nie powinien zawierać ciał, które w jakikolwiek sposób mogłyby uszkodzić części silnika, zwłaszcza o ile przez te części olej przepływa.

Dla prób żądanych własności oleju są ustanowione odpowiednie normy [1]), określające także między innymi sposób oznaczania zawartości obcych ciał.

W dalszym ciągu należy oznaczać w środkach smarnych (oleje i smary stałe) zawartość popiołów, będących pozostałościami związków nieorganicznych. Zawartość wolnych kwasów organicznych, pochodzących z procesu rafinacji oleju, określana jest liczbą kwasową, która oznacza ile mgr. wodorotlenku potasu jest potrzebne dla zneutralizowania wolnych kwasów zawartych w 1 gr oleju. W olejach lotniczych jest dopuszczalna: zawartość popiołów 0,02%, zawartość obcych ciał 0%, zawartość wody poniżej 0,1%; liczba kwasowa nie może być większa od 0,2 mgr KOH/gr oleju [2]).

Temperatura zapłonu i temperatura palenia.

Temperatura zapłonu i temperatura palenia oleju posiadają małe znaczenie dla silnika, ponieważ inne żądane własności oleju wyznaczają tak wysokie wartości obydwu temperatur, że nie zachodzi potrzeba stawiania oddzielnych wymagań co do wielkości tych temperatur. Pod nazwą temperatury zapłonu należy rozumieć najniższą temperaturę, przy której ostrożnie podgrzewany olej według określonego sposobu i w określonym aparacie, wydziela palne pary. Temperatura zapłonu nie jest stałą fizyczną, a zależy od typu używanego aparatu, od temperatury i ciśnienia atmosferycznego, a także od wykonującego oznaczenie; z tego powodu różnice oznaczeń dwu laboratoriów tego samego oleju mogą wynosić kilka stopni Celsjusza. Pomimo podrzędnego znaczenia jest jednak temperatura zapłonu wszędzie oznaczana. Jest ona zależna od chemicznego składu użytej ropy i od sposobu jej przeróbki, zaś dla specjalisty stwarza ona z pomocą dalszych danych z analizy możliwość wyciągnięcia wniosków o tej czy innej nieoznaczonej własności oleju. Dla pracy silnika temperatura zapłonu nie ma zasadniczego znaczenia, gdyż olej w silniku ulega mniejszemu lub większemu zabenzynowaniu i temperatura zapłonu takiego oleju obniża się [1]). Do określania temperatury zapłonu używane są aparaty Marcussona (Niemcy) i Pensky - Martens'a (Anglia, Włochy) [2]).

Pod nazwą temperatury palenia, należy rozumieć temperaturę, przy której przy dalszym podgrzewaniu oleju tworzące się i od czasu do czasu zapalające się pary są w stanie zapalić resztę oleju. Używane obecnie oleje lotnicze posiadają temperaturę zapłonu zawierającą się w granicach 230° C. do 290° C., zaś temperatura palenia leży o 30 do 50° C. wyżej od temperatury zapłonu.

Ciężar właściwy.

Określanie ciężaru właściwego oleju jest używane podobnie, jak i oznaczanie temperatury zapłonu przy kontroli fabrykacji oleju, odbywającej się według ustalonego sposobu przeróbki, i z ropy znanego pochodzenia. Ciężar właściwy oleju może być częściowo wykładnikiem jego dobroci lub przydatności do pewnego celu, o ile jest do tego znane pochodzenie oleju. Ponieważ oleje w handlu mogą pochodzić z różnych rop i z różnych sposobów przeróbki ropy, więc dlatego zmierzenie ciężaru właściwego takich olejów nie określa ich wartości.

Wiskoza.

Wysokie wymagania stawia silnik lotniczy wiskozie oleju. Rozruch zimnego silnika w zimie wymaga oleju o możliwie małej lepkości, aby olej mógł być bezpiecznie przez stosunkowo długie przewody dostarczony do miejsc wymagających smarowania. Z tego samego powodu temperatura krzepnięcia oleju powinna leżeć poniżej —15° C. Temperatura krzepnięcia oleju jest to temperatura, przy której olej pod działaniem własnej siły ciężkości nie płynie.

Wprost przeciwne wymaganie do wymienionego wyżej, stawia silnik podczas normalnej pracy. Tu lepkość oleju przy temperaturach łożysk 120° C i wyżej, nie może dopuścić do rozerwania filmu olejowego i wyciśnięcia oleju z łożyska na boki. Nie musi być ona jednak za duża, ponieważ przy płynnym tarciu lepkość rozstrzyga o stratach tarcia, rosnących proporcjonalnie ze wzrostem wiskozy. Dalsze wymagania wiskozie stawia smarowanie tłoka, gdzie olej przy temperaturach od 160° C do 220° C musi nie dopuścić do metalicznego zetknięcia się tłoka i cylindra i poza tym powinien we współpracy z pierścieniem uszczelniać komorę spalania.

Od wiskozy zależy w dużej mierze zużycie oleju, które powinno być oczywiście możliwie małe. Z tego powodu olej przy temperaturze powyżej 200°C musi posiadać dostateczną lepkość, aby mógł

[1]) W Polsce obowiązują Normy Właściwości przetworów naftowych i normalne metody ich badań, wydane nakładem Polskiego Komitetu Normalizacyjnego. (Przyp. tłum.).

[2]) Dla olejów natłuszczanych dopuszczalna liczba kwasowa wzrasta o 0,3 mgrKOH/gr na każdy dodany jeden procent środka natłuszczającego.

[1]) Przeciętne temperatury zapłonu olejów pokarterowych z silników lotniczych wynoszą około 100°C, świeżych olejów średnio 250°C. Zawartość paliwa w lotniczych olejach pokarterowych nie przekracza naogół 0,5%. (Przyp. tłum.).

[2]) W Polsce używane są aparaty obu typów. (Przyp. tłum.).

być zebrany przez pierścienie z gładzi cylindra przy powrotnym ruchu tłoka.

Silnik lotniczy wymaga więc oleju, którego wiskoza zmieniałaby się możliwie mało z temperaturą. W przeciwieństwie do wody, której wiskoza w granicach temperatur od 1° do 99° C. prawie, że się nie zmienia, zakres zmian wiskozy dla olejów w tej samej granicy temperatur waha się od 1000° E do 2,5° E czyli 400-krotnie, a dla niektórych olejów jeszcze w szerszych granicach. Jednym ze sposobów polepszenia zmiany lepkości z temperaturą jest t. zw. zgęszczanie oleju przez poddanie go działaniu cichych wyładowań elektrycznych (oleje woltolizowane).

Stosowane oleje lotnicze posiadają przy 50° C wiskozę od 18° E do 25° E i przy 100° C wiskozę około i powyżej 2,2° E, przy czym niższe liczby odnoszą się do olejów zimowych, a wyższe do letnich.

Zmiana wiskozy w czasie pracy silnika powinna odbywać się w możliwie wąskich granicach. Pewne obniżenie wiskozy może być spowodowane rozcieńczaniem oleju paliwem, podwyższenie zaś wiskozy nastąpić może po odparowaniu lżej wrzących frakcji oleju. Naturalnie, że w obu wypadkach pogarszają się własności smarne, a to wskutek utworzenia się zbyt gęstego lub zbyt rzadkiego oleju.

Dla określania wiskozy jest w użyciu cały szereg przyrządów i sposobów; najbardziej rozpowszechnione są wiskozymetry Vogel - Ossag'a i Engler - Holde'go. Mierzony w nich jest czas wypływu albo przepływu określonej ilości oleju przy określonej stałej temperaturze; czas ten jest porównywany z czasem wypływu takiej samej ilości wody; czasy wypływu wody są raz pomierzone i podane w tablicach. Zależnie od typu użytego do oznaczenia aparatu, określa się wiskozę w stopniach Englera lub Redwood'a, albo w sekundach Saybolt'a. Ponieważ wszystkie istniejące wiskozymetry nie dają dokładnych wartości wiskozy, zwłaszcza przy małych lepkościach, sporządzono tablice uwzględniające te błędy i podające bezwzględne wartości lepkości. W fizyce jednostka lepkości mierzy się siłą, którą trzeba wywrzeć, aby dwie warstwy płynu, każda o powierzchni 1 cm² odległe od siebie o 1 cm, przesunąć z szybkością 1 cm/sek. Jest to t. zw. dynamiczna jednostka lepkości nazwana poise'm; $^1/_{100}$ poise'a nazwano centipoise'm. Wielkości te po podzieleniu przez gęstość oleju (płynu) dają kinematyczną lepkość, mierzoną w stokes'ach lub w centistokes'ach.

Aby zmienność wiskozy w interesującym nas zakresie temperatur można było wyrazić jedną liczbą, wprowadzili Dean i Davis pojęcie t. zw. indeksu wiskozowego (Viskosity Index), a mianowicie oznaczyli oni indeks wiskozowy najgorszego oleju (o najbardziej stromej krzywej wiskozy) przez 0, najlepszego oleju (o najbardziej płaskiej krzywej wiskozy) przez 100; indeks wiskozowy pozostałych olejów da się wówczas wyrazić pewnym stosunkiem do nich. Ten sposób oznaczenia zmienności wiskozy z temperaturą jest dowolny, ma jednak zaletę przejrzystości i prędko przyjął się w Ameryce.

Smarność.

Podczas gdy w zakresie płynnego tarcia wiskoza oleju decyduje o pracy tarcia i wynikłych stąd stratach tarcia, to przy półpłynnym tarciu wchodzi w grę inna własność oleju. W zakresie tym, gdzie metalicznemu zetknięciu wału i łożyska przeszkodzić może tylko przyczepność oleju do metalu, poszczególne oleje zachowują się bardzo różnorodnie. Jedne z nich smarują istotnie lepiej od innych bez widocznych różnic we własnościach chemicznych i fizycznych, i z tego względu przypisywana jest olejom nowa własność t. zw. smarność. Oleje z tłuszczów zwierzęcych i roślinnych posiadają tę własność w wybitnym stopniu, podczas gdy mineralne oleje posiadają ją w stopniu dużo mniejszym.

Podczas wojny i parę lat po wojnie światowej jedynym olejem lotniczym był olej rycynowy, posiadający jednak małą trwałość na silniku. Mała trwałość i nieposiadanie przez większość państw surowca rodzimego, z którego otrzymuje się olej rycynowy, były przyczyną wszczęcia poszukiwania metod otrzymywania smarniejszych olejów mineralnych. Przodująca w tym stała się Ameryka, posiadająca mało olejów roślinnych, a pod dostatkiem olejów mineralnych.

Oleje mineralne są mieszaniną różnorodnych węglowodorów, otrzymanych jako pozostałość ropy natfowej po odparowaniu lżejszych frakcyj, wrzących poniżej 300°C. Pozostałość destylacyjna, zwana w handlu olejem cylindrowym, może być jeszcze raz destylowana i w rezultacie otrzymać możemy poszczególne frakcje (destylaty), zależnie od żądanych zakresów temperatur wrzenia olejów, lub może być zależnie od przeznaczenia przerobiona innymi sposobami. Olej mineralny nie przedstawia więc jednorodnego ciała o określonej temperaturze wrzenia i o określonych innych własnościach, jak woda, lub alkohol, lecz posiada własności wszystkich swoich składników. Według budowy tych składników, należących do trzech grup węglowodorów, rozróżniamy oleje parafinowe, oleje naftenowe i oleje asfaltowe. Oleje parafinowe o cząsteczkowej budowie składników wyrażającej się wzorem $C_n H_{2n+2}$, znajdują się głównie w Ameryce Północnej. Typowym przedstawicielem ich jest olej pensylwański i oleje znane pod nazwą „Mid Continent", które mają oprócz tego domieszki innych grup węglowodorowych.

Oleje rosyjskie są prawie bez wyjątku typu naftenowego. Oleje naftenowe występują jeszcze w innych miejscach, jak np. w Niemczech, mają one jednak dużą domieszkę innych grup węglowodorowych. Pierścieniowa budowa olejów naftenowych wyprowadza się od cyklopentanu o wzorze sumarycznym $C_n H_{2n}$. Przy równej ilości atomów w węglowodorach parafinowych i naftenowych, te ostatnie mają większy ciężar właściwy i wyższą temperaturę krzepnięcia; poza tym są łatwiej rozpuszczalne w anilinie od olejów parafinowych, która to własność jest często wykorzystywana do określenia zgrubsza składu i pochodzenia oleju.

Oleje asfaltowe, które w dużych ilościach odkryto w Venezueli i Meksyku, są mało używane do silników lotniczych z powodów, które zostaną następnie omówione.

Próbowano mieszać mało smarne, ale odporne na starzenie oleje mineralne z olejami o dużych smarnościach pochodzenia roślinnego bądź też zwierzęcego, by w wyniku otrzymać produkt o zadawalającej smarności i odporności na starzenie (utlenianie). Okazało się jednak już przy niewielkich domieszkach olejów roślinnych lub zwierzęcych (olej rycynowy, olej rzepakowy, tran wielorybi, tran z fok i t. p.), że otrzymany produkt w większym stopniu nabywa zdolności do wydzielania osadów, niż zyskuje na smarności. Użycie takich natłuszczanych olejów jest tylko możliwe do silników chłodzonych wodą, lub gdy wyjściowe produkty mają swoje dodatnie własności w wybitnym stopniu, t. zn. olej mineralny posiada bardzo dużą odporność na utlenianie, zaś olej tłuszczowy bardzo dużą smarność.

Do określania smarności istnieje sporo specjalnych urządzeń - przyrządów, opartych właściwie na jednej zasadzie, a różnących się jedynie wykonaniem. Ponieważ smarność nie jest żadną jasno rysującą się wielkością fizyczną czy chemiczną, a przedstawia raczej zbiorowe pojęcie nieznanych dokładnie własności olejów, trudno jest zbudować odpowiedni instrument pomiarowy. Poza tym wyłania się tu dalsza trudność, a mianowicie zachowanie półpłynnego tarcia podczas całej próby.

Używanym często w Ameryce aparatem do określania smarności jest urządzenie Deeley'a. Składa się ono z poziomo obracającej się tarczy zanurzonej w kąpieli olejowej; o tarczę trze się klocek, przyciskany do niej wycechowana sprężyną i wahliwie zamocowany. Kąt odchylenia klocka jest miarą tarcia. Na podobnej zasadzie działa także urządzenie do prób olejów Southcombe'a, różniące się jedynie lepszym wykonaniem od urządzenia Deeley'a. Oba wymienione urządzenia mogą dawać pomiary tylko w zakresie tarcia płynnego. Do niewielu urządzeń, które wielkość tarcia mierzą w zakresie półpłynnego tarcia, należy urządzenie SAE Almen'a, składające się z wału i łożyska pomiarowego, osadzonego na wystający koniec wału. Łożysko pomiarowe posiada dzielone szlifowane stalowe panewki o wymiarach: średnica — 5,37 mm, długość — 12,7 mm; jest ono obciążane hydraulicznie naciskiem do 1000 atm. Pomiar odbywa się w sposób następujący: przy ustalonych obrotach wału, nacisk na łożysko pomiarowe zostaje stopniowo zwiększany aż do przerwania filmu olejowego, zatarcia i zakleszczenia łożyska. Przebieg obciążeń i sił tarcia jest stale podczas próby notowany. Otrzymane na tym urządzeniu wielkości są znacznie większe od przeciętnych danych z praktyki, co tłumaczy się przypuszczalnie zbyt mało dokładnym dopasowaniem łożyska i wału w stosunku do wymaganej w tym wypadku dokładności. Poza tym z licznej ilości innych urządzeń do prób olejów zasługuje na wymienienie maszyna M.A.N. Spindel'a, a to z powodu możliwości wykonywania na niej różnego rodzaju pomiarów. Składa się ona z poziomego wału z tarczą, o którą trze się klocek lub taśma, odpowiednio obciążone przez nakładanie ciężarów na specjalne ramię dźwigni. Jeżeli chcemy obserwować zachowanie się oleju w obrębie półpłynnego tarcia, zwiększamy obciążenie klocka dotąd, aż uzyskamy przerwanie filmu olejowego między klockiem i tarczą. Odczytane obciążenie i temperatura oleju są wykładnikami smarności oleju.

Dla wszystkich urządzeń do próbowania olejów wpływ sposobu budowy, zastosowanych materiałów i dokładności wykonania jest jeszcze tak duży, że dotąd tylko na jednym i tym samym urządzeniu można otrzymać zgodne wyniki, przydatność których w praktyce budzi dotąd wątpliwości i zastrzeżenia. Dla zakresu płynnego tarcia jest jednak praktycznie możliwe zbudowanie urządzenia, które pozwoliłoby ustalić wpływ materiałów używanych na wał i panewkę i wpływy różnych warunków pracy oleju. Ważniejsze jest zagadnienie tarcia półpłynnego, które w opisanych i dotychczas zbudowanych urządzeniach do tego celu daje się tylko w nieznacznym stopniu pomierzyć ze względu na stosowane kryterium, którym jest zatarcie łożyska w końcowej fazie próby. Jak długo takie próby kończyć się będą zatarciem próbnego łożyska, tak długo wpływ ustawienia łożyska i wału będzie górował nad wszystkimi innymi wpływami i smarność trudno będzie pomierzyć. Wydaje się, że drogą prowadzącą do rozwiązania jest pomiar ciśnień i temperatur w przerwanym filmie olejowym.

Zdolność oleju do wydzielania osadów (asfaltów twardych).

Uniemożliwienie dostawania się oleju do komory wybuchowej cylindra byłoby przy stojących dzisiaj do dyspozycji środkach połączone z dużymi trudnościami i stratami, i dla tego zgadzamy się na dostawanie się pewnej ilości oleju do komory wybuchowej. Pozostająca część oleju w komorze wybuchowej cylindra ulega częściowemu spaleniu, co z punktu widzenia smarowania jest niepożądane, gdyż pozostałości tego częściowego spalania, a mianowicie ciężkie węglowodory (o dużych ciężarach cząsteczkowych) i czysty węgiel pozostają częściowo (znaczna część ich wyrzucona jest razem z gazami wylotowymi) w cylindrze i osadzają się na tłoku i na ściankach cylindra. Produkty niezupełnego spalania oleju osadzone na ściankach cylindra zmywane są przez świeży olej i dostają się razem z nim do karteru silnika i dalej uczestniczą w obiegu oleju. Osady na tłoku wpływają na pracę silnika w inny sposób, a mianowicie mogą spowodować wadliwą pracę pierścieni. Dzieje się to w sposób następujący: wskutek nadmiernego smarowania gromadzą się osady na denku tłoka w postaci asfaltowej masy, która z kolei rozpada się na proszek. Sproszkowany osad razem z olejem dostaje się w szczelinki między pierścieniem i rowkiem i może wytworzyć masę klejącą, która potrafi zakleszczać pierścienie o sile rozprężania 2 kg, o ile tylko istnieja ku temu odpowiednie warunki. Warunki te są odpowiednie, gdy temperatura w rowkach pierścieni:

1. jest tak wysoka, że gromadzące się pozostałości niezupełnego spalania oleju nie mogą pozostać w formie płynnej, a tylko w formie lepkiej masy, która ani przez świeży olej ani przez ruch pierścieni w rowku nie może być usunięta;

2. ale jest za niska, aby te stałe osady mogły się spalić i w ten sposób zostać usunięte.

Zachowanie się poszczególnych grup olejów pod względem zdolności wydzielania osadów węgla, stojących w związku z przedstawionym przebiegiem zaklejania pierścieni, jest różne. Na przykład oleje naftenowe wydzielają mniej węgla od olejów parafinowych, pomimo, że te pierwsze mają wogóle większą zdolność do tworzenia osadów. Dzieje się to wskutek spalania się procentowo większej ilości węgla, wydzielonego z olejów naftenowych niż z olejów parafinowych; poza tym nie mały wpływ na zachowanie się olejów pod tym względem ma sam silnik i warunki pracy, wskutek czego przytoczone powyżej przyczyny tego zjawiska ważne są dla pewnych warunków pracy i określonego silnika; autor uważa, że nie jest wskazane uogólnianie tej przyczyny. W silnikach chłodzonych wodą oleje parafinowe okazały się pod tym względem lepsze od innych. Największą zdolność zaklejania pierścieni posiada olej rycynowy.

Dla oceny oleju pod względem zdolności wydzielania osadów jest jeszcze do dzisiaj konieczne przeprowadzanie próby zdatności oleju na typie silnika do jakiego olej jest przeznaczony. Koszty takiej 100 godzinnej próby są niepomiernie duże, i dlatego we wszystkich instytutach badawczych poszukuje się tańszego laboratoryjnego sposobu oceny zdolności oleju do wydzielania osadów (asfaltów twardych). Często, a specjalnie w Ameryce, określana jest liczba koksowania oleju w/g sposobu Conradsona. 10 gr. oleju spala się w tyglu porcelanowym, pozostałość wyżarza się i po ostudzeniu waży się i przelicza procentowo w stosunku do ilości oleju. Liczba Conradson'a dla olejów lotniczych nie powinna być większa od 1,1% (dla wysoko wiskozowych olejów może być trochę większa); dla obecnie używanych olejów lotniczych liczba ta nie przekracza 1%, ponieważ są one produkowane wyłącznie z rop parafinowych, w których zawartość asfaltów twardych przez odpowiednie przeróbki oleju przy rafinacji jest sprowadzona do minimum. Liczba Conradson'a zależy w dużej mierze od sposobu rafinacji oleju, i dlatego wydanie orzeczenia o przydatności pewnego oleju do smarowania silnika na podstawie oznaczenia liczby Conradson'a, może mieć miejsce tylko w wyjątkowych wypadkach, a mianowicie dla olejów jednego pochodzenia lub w jednakowy sposób wyprodukowanych, przez porównanie z olejem, którego przydatność do smarowania silnika została ustalona w próbie zdatności. Niezależnie od tego stwierdzono, że oleje o dużej liczbie Conradson'a nie nadają się do użytku na silniku, i z tej przyczyny określanie liczby Conradson'a jest używane dotąd prawie przez wszystkie laboratoria. Powtarzalności wyników przy określaniu liczby Conradson'a pomimo staranności przy próbie nie uzyskuje się w stopniu zadawalającym; odchylenia o 10% w górę i w dół pomimo ścisłego zachowania jednakowych warunków zdarzają się normalnie.

W Anglii oznaczanie liczby koksowania odbywa się w sposób zmodyfikowany przez Ramsbottom'a. Dla uniknięcia wahań temperatury zastosowano tu podgrzewanie oleju w kąpieli ołowiowej do temp. 550° C. Naczynie szklane o okrągłym dnie napełnia się olejem, wkłada je się następnie do stalowego cylindra, z którym zanurza się całość do kąpieli ołowiowej. Uzyskana przez wyżarzenie pozostałość nie powinna być większą od 1,3% dla normalnych olejów lotniczych (nie natłuszczanych). Znaczenie i zastosowanie określanych w/g Ramsbottom'a liczb koksowania jest jednak takie same, jak liczby Conradson'a. Na przebieg koksowania oleju i samą liczbę koksowania mają wpływ takie czynniki, jak sposób przeróbki ropy, typ węglowodorów z których olej się składa i inne; te same czynniki nie wpływają jednak w takim samym stopniu na zachowanie się oleju na silniku.

O trwałości oleju na silniku rozstrzyga w pierwszym rzędzie jego odporność na utlenianie się. Właściwość ta jest przez Angielskie Ministerstwo Lotnictwa określana w próbie nazwanej w skrócie „Air Ministry Test"[1]). Próba ta polega na przepuszczaniu powietrza przez olej o temperaturze 200°C. w ciągu dwu sześcio-godzinnych okresów. Następnie oznacza się wiskozy i liczbę koksowania w/g Ramsbottom'a w ten sposób utlenionego oleju; dla olejów lotniczych przyrost wiskozy nie powinien przekraczać 100%, przyrost liczby Ramsbottom'a 1,10%. Ocena przydatności olejów przy pomocy w ten sposób otrzymanych danych pokrywa się już znacznie lepiej z danymi z praktyki, wydanie jednak ostatecznego sądu o przydatności oleju na podstawie tej próby kryje jeszcze pewien stopień ryzyka.

Francuskie Ministerstwo Lotn. do określania odporności na utlenianie używa próby Damian'a, polegającej także na przepuszczaniu powietrza w ciągu 120 godzin przez 10 szklanych naczyń w kształcie aparatu Kipp'a o zawartości po 200 cm³ oleju; dla uwzględnienia katalitycznego działania tworzyw silnika wrzuca się do oleju trochę metalowych wiórów. Całość znajduje się w izolowanej od strat ciepła szafie; temperatura wewnątrz tej szafy jest utrzymywana podczas próby na 140° C. Przydatność oleju ocenia się tu podobnie t. j. na podstawie przyrostów wiskozy i asfaltów twardych.

W Ameryce są w użyciu dwie próby olejów na utlenianie t. zw. Sligh-Method i Indiana-Oxydation Test. Według metody Sligh'a ogrzewa się przez 2½ godziny w 200° C. naczynie z zawartością 10 gr. oleju i z czystym tlenem. Rozpuszczająca się w benzynie część w ten sposób utlenionego oleju daje stopień odporności na utlenienie, a mianowicie ciężar wytrąconych przez benzynę produktów utlenienia oleju pomnożony przez 100 daje t. zw. liczbę utlenienia. Metoda Indiana przewiduje przedmuchiwanie powietrza w ilości 10 ltr/godz. jednocześnie przez kilka 300 cm.³ próbek oleju, utrzymywanych w temp. 172° C. przez umieszczenie w kąpieli olejowej. Podczas próby od czasu do czasu określa się zawartość asfaltów. Jako wiel-

[1]) Próba ta nosząca numer DTD 109 jest używana także u nas. Ostatnio czas tej próby został u nas podwyższony do 36 godzin, zamiast 12 godzin, przy czym po 36 godzinach utleniania, olej nie powinien zawierać asfaltów twardych. (Przyp. tłum.).

kości porównawcze w tej metodzie służą czasy, po których tworzy się 10 i 100 mgr. asfaltów.

Pomimo takiej wielostronności wymienionych metod oznaczania odporności oleju na utlenianie, zdarza się jeszcze często, że olej czyniący zadość wymaganiom tych prób, zawodzi na silniku. Jest jednak jedna niezaprzeczona korzyść przeprowadzania tych prób, a mianowicie pewność, że olej nie odpowiadający warunkom wymaganym przez te próby nie nadaje się do smarowania silników lotniczych.

Jedynym i pewnym sposobem oceny przydatności oleju jest do dzisiaj próba zdatności oleju na oryginalnym typie silnika, na którym olej ma być w przyszłości używany, gdyż np. olej nadający się do użytku na silniku chłodzonym wodą, może się nie nadawać do silnika chłodzonego powietrzem. Olej zakwalifikowany jako nadający się w próbie zdatności na silniku, może być przeznaczony do użytku tylko na silnikach tego samego typu, na którym był próbowany.

Próba zdolności oleju na silniku lotniczym

Próba zdatności oleju na silniku odbywa się na hamowni i polega na pracy silnika na tym oleju w określonych warunkach i w określonym czasie; przyjęte dla tych prób czasy pracy silnika wahają się od 50 do 100 godzin, a nawet ponad 100 godzin. Przed i po próbie mierzy się lub waży dokładnie wszystkie części silnika. Obciążenie silnika, okresy pracy i inne stałe warunki próby muszą być z góry ustalone odpowiednim planem próby. W czasie pracy silnika mierzone i notowane są wszystkie czynniki potrzebne do kontroli pracy silnika, a przede wszystkim temperatury i zużycia oleju. Poza tym w stałych odstępach czasu pracy silnika pobierane są próbki oleju, w których określa się zawartość asfaltów twardych, popiołów (jako wskaźnik zużywania się silnika), liczbę kwasową i temperaturę zapłonu; dane te pozwalają na ocenę zmian oleju na silniku [1]). Różnice w wymiarach ruchomych części silnika przed i po próbie przedstawiają stopień zużywania się silnika i są wykładnikiem smarności oleju. Osady na tłokach i grzybkach zaworów starannie zebrane i zważone są miarą zdolności oleju do tworzenia osadów przez porównanie z osadami wzorcowego oleju. Jeżeli po 50 godzinach pracy silnika na próbowanym oleju stwierdzi się zaklejanie pierścieni, dużą ilość osadów, albo jaką inną niedopuszczalną zmianę własności oleju, to taki olej kwalifikuje się jako niezdatny do użytku na danym typie silnika.

Wnioski ostateczne

Wszystkie powyższe wywody prowadzą do wniosku, że wysokie wymagania, jakie stawia olejowi silnik lotniczy, wymagają wielostronnych i starannych badań oleju w laboratorium; o ostatecznej ocenie przydatności oleju decyduje jednak tylko próba na silniku typu, na którym olej ma być w przyszłości używany.

[1]) I. T. L. przeprowadza 100 godzinne próby zdatności oleju w 10 okresach po 10 godzin dziennej pracy na $^{9}/_{10}$ mocy. Ponadto dochodzi wstępna i końcowa próba silnika (razem około 20 godzin) mająca za zadanie wykrycie ewentualnych zmian mocy, zużycia paliwa i t. p. Olej podczas całej próby nie jest wymieniany, a tylko dolewany do stałej ilości. Temp. silnika i oleju są podczas próby wyższe, niż przy normalnej pracy silnika, a uzyskuje się to bądź przez specjalnie skąpe chłodzenie silnika, bądź przez podgrzewanie oleju w zbiorniku. — (Przyp. tłum.).

PROBLEMY SZKLENIA KABIN SAMOLOTOWYCH

R. A. MILLER

Z oryginału p. t. „Glazing Problems in Aircraft Cabins" Aero Digest, September 1936, przetłomaczył inż. E.S.A. Janusz Lange.

Problemy szklenia kabin samolotów zwykłych i stratosferycznych nabierają coraz większej wagi. W związku z tym podano w niniejszym artykule niektóre dane charakteryzujące fizyczne własciwości szkła nietłukącego się różnych rodzajów, jak np. zdolność do tłumienia dźwięków, przezroczystość i t. p., w celu dopomożenia konstruktorom w tym zakresie ich pracy.

Tak np. spółczynnik rozszerzalności szkła płytowego w zakresie temperatur między -57° i $+38^{\circ}$ C wynosi w przybliżeniu 0,00000823 na 1° C. Innymi słowy, spółczynnik rozszerzalności dla szkła wynosi $^{2}/_{3}$ wartości tegoż spółczynnika dla stali, a $^{1}/_{3}$ dla aluminium.

Zwykłe szkło jest w przybliżeniu 6 razy wytrzymalsze na ściskanie niż na rozciąganie, wytrzymałość jego na ściskanie wynosi mianowicie 2530 kg/cm², a na rozciąganie 457 kg/cm². Oznacza to, iż zgięta płyta szklana, obciążona od strony wypukłej wytrzymuje większe obciążenie, niż płyta płaska lub ta sama płyta zgięta lecz obciążona od strony wklęsłej. Wytrzymałość szkła na ścinanie jest dotąd dostatecznie znana.

W zakresie praktycznie spotykanych obciążeń, wytrzymałość szkła rośnie proporcjonalnie do kwadratu grubości płyty i może być obliczona z przybliżonego wzoru:

$$P = 1475 \frac{t^2}{A \cdot f}$$

gdzie P = ciśnienie na jednostkę powierzchni, t = grubość szkła w cm, A = powierzchnia płyty w cm² lub m², zaś f = spółczynnik bezpieczeństwa. Jeżeli A jest wyrażone w cm², to również i P wyrazi się w kg/cm², a jeśli A jest wyrażone w m², to P wyrazi się w kg/m².

Wzór powyższy odnosi się do płaskich, kwadratowych płyt, umocowanych na wszystkich 4-ch

krawędziach i równomiernie obciążonych. Jak dotąd nie zostało określone, w jakim stopniu wytrzymałość płyt zgiętych jest większa niż płaskich, i liczy się je na to samo obciążenie bezpieczne, co i płyty płaskie o tej samej powierzchni.

Jako naprężenie niszczące dla szkła przyjmuje się ogólnie 457 kg/cm² jako średnią wartość. Wartość rzeczywista może się zmienić w granicach od 246 do 844 kg/cm² dla próbek wycinanych z jednej i tej samej płyty, przy czym, gdy obciążenie działa przez czas dłuższy, jest pożądane używanie spółczynnika bezpieczeństwa 10.

Jeżeli chodzi o porównanie wytrzymałości szkła w arkuszach, płytach, szkła warstwowego i szkła hartowanego, to badania wykazały, iż wszystkie te materiały posiadają zbliżoną wytrzymałość przy obciążeniu statycznym, równomiernie rozłożonym. W szkle warstwowym arkusz masy plastycznej znajduje się mniej więcej w osi obojętnej przekroju płyty, i jego mniejsza wytrzymałość jest skompensowana przez odpowiednio większą grubość całkowitą płyty sklejonej. Wogóle wytrzymałość szkła rośnie w prostym stosunku do kwadratu grubości płyty, jednak ma tu pewien wpływ i stosunek powierzchni płyty do jej objętości, tak iż w pewnych granicach cienkie szkło wykazuje nieco większą wytrzymałość niż wypadałoby z obliczenia.

Jako grubość podstawową przyjmuje się grubość ¼" (6,35 mm), przy czym ta norma odnosi się zarówno do szkła Herculit w arkuszach, jak i dla szkła warstwowego. Ciężar szkła tej grubości wynosi w przybliżeniu 16,1 kg/m², dla innych grubości zaś ciężar szkła rośnie proporcjonalnie z grubością.

Przy liczeniu ciężaru oszklenia należy pamiętać o doliczeniu do ciężaru samych szyb ciężaru ramek mocujących płyty na obwodzie.

Najnowsze amerykańskie szkło warstwowe Duplate wytrzymuje uderzenie kuli stalowej o ciężarze 0,905 kg, rzuconej z wysokości 2,44 m przy temperaturach —18° i +49°C. Przy normalnej temperaturze (24°) materiał ten wytrzymuje uderzenie takiej samej kuli, rzuconej z wysokości 4,9 do 6,1 m. Przy próbie przepisanej dla szkła bezpiecznego (nietłukącego się) przez American Standard Association Code, nowe szkło Duplate wytrzymuje uderzenie kuli, ważącej 0,227 kg, rzuconej z wysokości 10,7 m przy temperaturach —18° i +49° C, jak również uderzenie tej samej kuli, rzuconej z wysokości 25,9 m przy temperaturze normalnej (24°). Przy temperaturze —31,7° wysokość spadku kuli 0,227 kg, którą wytrzymuje ten materiał, wynosi 3,05 m, a 1,22 m przy temperaturze —47,7°.

Szkło warstwowe Duplate ¼" przepuszcza w przybliżeniu 75% normalnego białego światła, stopień przezroczystości szkła Duolite i Aerolite wynosi w przybliżeniu 89%. Szkło Duplate nie rozczepia promieni światła, natomiast rozczepienie promieni świetlnych przez szkło Duolite i Aerolite może być dość znaczne ze względu na to, że te dwa rodzaje szkła są klejone z cienkich arkuszy szklanych.

Szkło hartowane otrzymuje się przez ogrzewanie szkła do temperatury około 680°C i nagłe ostudzenie go do temperatury pokojowej. Dla otrzymania dobrych rezultatów ogrzewanie i oziębianie musi być dokonane jednostajnie na całej powierzchni arkusza. Przy procesie tym cząsteczki szkła leżące w sąsiedztwie zewnętrznych powierzchni szkła zostają poddane wysokiemu ściskaniu, a cząsteczki leżące w okolicy osi obojętnej — wysokiemu rozciąganiu. Większa wytrzymałość tego szkła jest spowodowana tym, iż przed pęknięciem płyty musi być naprzód sprowadzone do zera ściskanie cząsteczek, leżących w okolicy powierzchni płyty.

Szkło hartowane Herculit wytrzymuje w ciągu dłuższego czasu temperatury aż do 344° C bez niebezpieczeństwa pęknięcia. Przy temperaturach wyższych od 344°C ukazują się stopniowo rysy, wreszcie przy temperaturze około 510° C typ pęknięć staje się podobny jak przy szkle zwykłym. Szkło Herculite może być ochładzane od temperatury wody wrzącej do temperatury wody zamarzającej bez niebezpieczeństwa pęknięcia, ponieważ proces „herkulizowania" zmniejsza spółczynnik rozszerzalności szkła do wartości około 0,000005 na 1° C.

Herculite wytrzymuje uderzenie worka śrutu o ciężarze 5 kg, rzuconego z wysokości 3,05 m lub kuli o ciężarze 0,227 kg rzuconej z wysokości 4,88 m. Jednak punktak z noskiem o średnicy 1,59 mm z twardej stali rozbija szkło hartowane, jeśli jest rzucony już z wysokości 1,525 m.

Dotychczas niemożliwe było hartowanie płyt szklanych o znacznej krzywiźnie, ani też zadawalające hartowanie szkła cieńszego niż ¼" (6,35 mm). Hartowano wprawdzie płyty o grubości $^3/_{16}$" (4,75 mm), lecz szkło to było przeszło dwa razy słabsze od Herculite'u, i nie można by go polecić. Herculite pękając rozsypuje się na drobne sześciokątne kawałki o mniej lub więcej zaokrąglonych krawędziach. Przy złamaniu zdradza skłonność do zaciskania się nieco silniej w ramce, chyba że uderzenie jest dostateczne do przebicia szyby na wylot. Szybkie uderzenie małym ostrym przedmiotem łamie go łatwo, natomiast wytrzymuje ono uderzenie przedmiotów o dużej masie w wypadku, gdy uderzenie rozkłada się na większą powierzchnię płyty.

Liczne badania przeprowadzone w podobnych warunkach wykazały, że wytrzymałość szkła może się wahać w szerokich granicach do 100% wyżej i 50% niżej, niż wartość średnia. Wartość naprężenia rozrywającego podana wyżej, (457 kg/cm²) jest wartością średnią przeciętną. Przy próbach wytrzymałości znaleziono dla każdej z dwu płyt jednakowych i pod każdym względem prawidłowych wytrzymałość w jednym wypadku 844 kg/cm² a w drugim tylko 246 kg/cm². Jak wynika z dotychczasowych wskazań, ta ostatnia wartość stanowi minimum. Wydaje się, iż Herculite jest materiałem bardziej jednolitym, niż szkło, z którego jest robiony, i że jego wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie wynosi około 2530 kg/cm². Wytrzymałość na ściskanie szkła odpuszczonego wynosi również w przybliżeniu 2530 kg/cm², podczas gdy spółczynnik sprężystości podłużnej tak dla szkła odpuszczonego (warstwowego lub zwykłego) jak i dla szkła hartowanego (Herculite) wydaje się być zawarty w granicach 703000 — 774000 kg/cm².

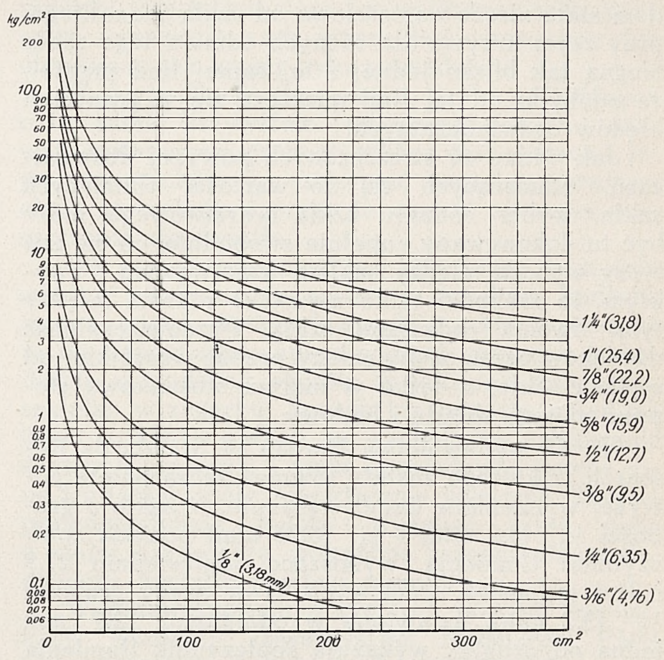
Jeśli się przyjmuje spółczynnik bezpieczeństwa mniejszy niż 10, dość często zdarzają się wypadki

pęknięć szyb, natomiast przy liczeniu na spółczynnik 10 trzeba wyjątkowych okoliczności, by mogło nastąpić pęknięcie szyby. Wydaje się, iż dużą rolę w wytrzymałości szkła gra zmęczenie materiału, i podane wyżej wartości naprężeń niszczących odnoszą się dla chwilowo przyłożonych obciążeń. Jeżeli czas trwania obciążenia rośnie, naprężenie krytyczne zmniejsza się znacznie. Wartości naprężeń niszczących zmęczeniowych nie zostały dotąd określone, jednak można twierdzić na zasadzie dotychczasowej praktyki, iż stosując spółczynnik bezpieczeństwa 10, uzyskamy naprężenia rzeczywiste mniejsze, niż naprężenia krytyczne zmęczeniowe.

W celu wyznaczenia potrzebnej grubości szyby należy brać pod uwagę powierzchnię szyby oraz różnicę ciśnień, jakiej szyba będzie poddana. Tak więc przy oknie okrągłym średnicy 380 mm i ciśnieniu od wewnątrz większym o 0,5 kg/cm², niż ciśnienie zewnętrzne, szyba ze szkła hartowanego powinna mieć grubość conajmniej 3/8" (9,5 mm), natomiast w wypadku użycia szkła zwykłego grubość szyby musi wynosi 3/4" (19 mm). Szyba z Herculite'u 3/4" grubości w wymiarze 380 mm w kwadracie może być poddana różnicy ciśnień równej jednemu kg/cm², przy czym ta różnica ciśnień może być osiągnięta tylko w tym wypadku, o ile ciśnienie wewnątrz samolotu jest większe niż 1 atm. Przy użyciu szkła zwykłego o tej samej powierzchni grubość szkła potrzebna dla przeniesienia różnicy ciśnień 1 kg/cm² musiałaby wynosić 1,5" (38 mm); ta ostatnia grubość wogóle nie stosuje się. Przy szkleniu kabiny pilota można użyć szybę płaską grubości 1,25" (31,8 mm) o rozmiarach 356 × 1220 mm, jeśli ciśnienie wywierane na nią wynosi nieco więcej niż 0,5 kg/cm².

Załączony wykres bezpiecznych obciążeń stosuje się zarówno do szyb płytowych, szyb w arkuszach oraz szyb klejonych. Dla szkła uzbrojonego drutem obciążenie bezpieczne podane dla danej grubości i powierzchni musi być podzielone przez 2. Dla Herculitu to samo obciążenie może być pomnożone przez 4,5. Przy użyciu szyb prostokątnych obciążenia odczytane z wykresu mogą być mnożone przez spółczynniki zawarte w tabeli dołączonej do wykresu.

WYTRZYMAŁOŚĆ PŁYT SZKLANYCH



PŁYTY PROSTOKĄTNE										
Stosunek Bok krótki / Bok długi	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Spółczynnik	1,0	1,005	1,02	1,07	1,14	1,25	1,45	1,8	2,6	5,0

Własności tłumiące

Według Bureau of Standards spółczynnik tłumienia materiału zależy wprost od jego masy względnie ciężaru. Próby wykazały, że spółczynnik tłumienia ścianek szklanych jest proporcjonalny do grubości szkła to znaczy do jego ciężaru na jednostkę powierzchni. Wartość tego spółczynnika odbiega nieco od wartości średniej przy doświadczeniach z oddzielnymi wiązkami fal dźwiękowych, jednak wykres średnich spółczynników tłumienia wyrażonych w decybelach w funkcji logarytmów ciężarów szkła przedstawia się w postaci linii prostej. Ta linia średnich wartości jednolitego szkła może być dla tego przyjęta jako linia wyjściowa dla szkła warstwowego.

Jeśli wyjdziemy z tej podstawy i porównamy szyby warstwowe z szybami jednolitymi o tym samym ciężarze, to okaże się, że w zakresie dźwięków o małej częstości szyby warstwowe, w których została zastosowana masa plastyczna sztywna i niezbyt giętka, dają większe tłumienie, niż szyby jednolite, natomiast szyby warstwowe, zawierające masę plastyczną miększą, bardziej giętką, dają tłumienie mniejsze.

W zakresie małych częstości dźwięków (150 — 180 okresów), takich, jakie są najczęściej wytwarzane przez hałas silnika, ciężar szkła warstwowego o przekładce z masy miękkiej musiałby być większy od ciężaru szkła jednolitego o około 80% dla otrzymania tego samego tłumienia. Odwrotnie, ciężar szkła warstwowego z przekładką sztywniejszą mógłby być o około 50% mniejszy niż ciężar szkła jednolitego, potrzebnego dla wywołania tego samego efektu tłumiącego.

W wiązce fal dźwiękowych 400 — 440 okresów (ciągle biorąc jako miarę porównania ciężary szkła warstwowego i jednolitego) szkło warstwowe jest stale mniej odpowiednie, niż szkło jednolite tej samej grubości. W tym zakresie częstości dźwięków poczyna się ono zbliżać w swej wartości do szkła jednolitego, i w pewnym punkcie szkło warstwowe o twardej przekładce ma spółczynnik tłumienia nieco większy, niż szkło jednolite. W tym zakresie dźwięków, przeciętnie, szkło warstwowe musiałoby mieć dla osiągnięcia tego samego tłumienia ciężar o 25% większy, niż szkło jednolite, przy czym różnica wzajemna między różnymi rodzajami szkła warstwowego jest tu bardzo niewielka, jeżeli jest wogóle.

Gdy zakres częstości dźwięków wynosi od 1000 do 1093 okresów, spółczynniki tłumienia dla różnych rodzajów szkła warstwowego są bardzo do siebie zbliżone; w tym zakresie szkło warstwowe przeciętnie musi być o około 40% cięższe, niż szkło jednolite, dla otrzymania tego samego tłumienia.

Rozpatrując całkowity zakres przeciętnych wartości tłumienia dla różnych rodzajów szkła,

widzimy, iż szkło warstwowe jest pod tym względem stale niższe wartościowo od szkła jednolitego, przy czym krzywe dla różnych odmian tego szkła biegną tak blisko jednej i tej samej linii prostej, że odchyłki od tej linii mieszczą się w granicach błędów doświadczalnych.

Jak widać ze streszczonych powyżej doświadczeń, odnoszących się do wartości tłumiących szkła, wybór rodzaju szkła warstwowego może być tu dokonywany zupełnie swobodnie, co się zaś tyczy wyboru między szkłem warstwowym i zwykłym, to zachodzi tylko niewielka różnica między tymi dwoma rodzajami szkła. Przepuszczalność dźwięków przez szyby zależy przede wszystkim od ciężaru szkła, a tylko w małym stosunkowo stopniu od jego składu i budowy.

Nr. 63 wydawnictwa Bureau of Standards Research (z którego zostały również zaczerpnięte powyżej wymienione dane) wskazuje, iż szkło o grubości 1/8" (3,2 mm) i 1/4" (6,35 mm) posiada spółczynniki tłumienia, wynoszące odpowiednio 27,9 i 31,6 jednostek czuciowych. Dwie szyby grubości 1/8" (3,2 mm), ustawione w odległości 12,7 mm jedna od drugiej, wykazują spółczynnik tłumienia 33,1 jednostek czuciowych, i na tej zasadzie para szyb grubości 1/4" (6,35 mm) dałaby prawdopodobnie conajmniej 38 jednostek czuciowych. Przepuszczalność dźwięków zwiększa się proporcjonalnie do logarytmu ciężaru materiału, a rozstawienie szyb powinno wpływać na tłumienie conajmniej w tymże samym stopniu.

Przewodnictwo

Z punktu widzenia przewodnictwa cieplnego szkło warstwowe jest równowartościowe ze szkłem zwykłym tej samej grubości, chociaż być może, że spółczynnik przewodnictwa cieplnego szkła warstwowego jest nieco mniejszy.

Zasadniczym sposobem zapewnienia kabinie samolotu dobrej „ciepłoszczelności" jest stosowanie podwójnych szyb z hermetycznie uszczelnioną warstwą powietrza między nimi. W celu otrzymania maksymum wydajności przestrzeń między szybami winna być nie większa, niż 25,4 — 31,8 mm, a nie mniejsza niż 19 mm. Po obu stronach tych granic wydajność podwójnych szyb jako środka „ciepłoszczelności" spada gwałtownie. Przestrzeń między szybami musi być sucha i możliwie jaknajlepiej zabezpieczona przed wilgocią. W wypadku przeciwnym lód, który się formuje na powierzchniach szyb, zmniejsza bardzo ich przezroczystość, zwłaszcza w tym wypadku, kiedy odległość między szybami wynosi więcej niż 6,35 mm. Na ten problem zwraca się obecnie znaczną uwagę, i można się spodziewać, iż w najbliższej przyszłości zostanie on zadawalniająco rozwiązany. Jak dotąd nie skonstruowano okna o podwójnych szybach, któreby nie potniały przy temperaturach od —20° do —40°.

Wadą szczelnych okien o wielu szybach jest ich skłonność do pękania oraz ich ciemnienie z powodu krystalizacji na wewnętrznych powierzchniach. Te ostatnie zmiany mogą się wytworzyć w okresie, wahającym się od paru tygodni do kilku miesięcy, a w warunkach, w jakich pracuje samolot, okres ten może się znacznie skrócić.

Szkłem, przeznaczonym specjalnie do używania przy podwójnych szybach, jest Crystalex. Szkło to zawiera wodę w formie rozpuszczalnika różnych soli, wchodzących w skład szkła. W szczelnej przestrzeni między dwiema szybami zmiany temperatury lub ciśnienia barometrycznego powodują parowanie tej zaabsorbowanej wilgoci lub też odwrotnie osadzanie się jej z powrotem na powierzchni szkła. Gdy wilgoć paruje, sole będące składnikami szkła są wytrącane w formie bezwodnych kryształów, które przy kondensacji pary wodnej na powierzchni szkła rozpuszczają się niechętnie. W rezultacie, woda zaabsorbowana przez szkło nie jest nasycona solami szkła i może rozpuścić w sobie większe ich ilości, podczas gdy na powierzchni szkła odbywa się ciągła krystalizacja tych soli. W szkle płytowym Crystalex ciemny nalot warstwy kryształów nie jest widzialny nieuzbrojonym okiem przy zwykłym świetle, jednak lekkie ślady tego nalotu dają się zauważyć, gdy szkło oświetlimy bardzo silnie.

Pod względem czystości i przezroczystości Crystalex stoi najwyżej ze wszystkich rodzajów szkła płytowego znanych dotąd. Posiada on stopień przezroczystości około 91 do 91,5 w granicach widzialnego widma i jest jednakowo przezroczysty tak dla światła fioletowego i czerwonego, jak i dla zielonego i żółtego. Szkło zwykłe przepuszcza w przybliżeniu 88% do 90% światła zielonego i żółtego, lecz dla barw leżących na końcach widzialnej części widma przezroczystość jego gwałtownie spada i wynosi dla światła czerwonego 75%, a dla fioletowego — 80%. Przezroczystość szkła Crystalex sięga daleko w pozafiołkową część widma, wykazując 16% przepuszczonych promieni pozafiołkowych o długości fali 303 mm, podczas gdy w tych warunkach zwykłe szkło płytowe przepuszcza ich tylko 3 do 5%.

Pod względem przewodnictwa cieplnego szkło zbliża się do stali; szyba grubości 1/2" (12,7 mm) przepuszcza i przewodzi tyle samo ciepła co i szyba o grubości 1/4" (6,35 mm). Przy oknach wieloszybowych izolacja cieplna zależy całkowicie od przestrzeni zawartej między szybami, i wielkość tej przestrzeni jest miarodajną dla polepszenia izolacji.

Wydaje się, iż wartość izolacyjna okna wieloszybowego zależy od nieruchomych warstw powietrza, przylegających do powierzchni szyb. Wartość izolacyjna przestrzeni między szybami wzrasta jednostajnie w miarę, jak odległość między nimi rośnie aż do 19 mm, następnie od 19 mm do 31,8 mm pozostaje mniejwięcej stała, by następnie zacząć się zmniejszać. Z tego względu maksymum izolacji osiąga się przy odległości między szybami od 19 mm do 31,8 mm.

Kabina pilota może być również zabezpieczona przeciwko zimnu za pomocą okien dwuszybowych. W tym wypadku można zmniejszych ciężar okien przez zastosowanie szkła zewnętrznego odpornego na duże ciśnienie, natomiast szybę wewnętrzną należy dać tylko takiej grubości, aby wytrzymała różnicę ciśnień między ciśnieniem na poziomie morza i nadciśnieniem wewnątrz kabiny.

W obecnych warunkach niemożliwe jest gięcie według dwu krzywizn szkła o grubościach potrze-

bnych do wytrzymania obciążeń, mogących wystąpić przy wznoszeniu się na duże wysokości. Jednakże jeśli chodzi o specjalnie duże wysokości, to powietrze tam jest zasadniczo suche, i niema przeszkód przeciw zastosowaniu cienkich, wypukłych szyb zewnętrznych oddzielonych wolną przestrzenią od szyb odpowiednich dla wytrzymania ciśnienia. Szyba zewnętrzna, czyli powłoka może być typu warstwowego i wykonana w ten sposób, by na obwodzie znajdował się kołnierz, a powierzchnia zewnętrzna gładko równała się z powłoką samolotu. Dla osiągnięcia tego samego celu można również używać szkła zwykłego, niewarstwowego, któreby na brzegach posiadało pasek zeszlifowany na mniejszą grubość. Szkło jednolite obrobione w ten sposób powinno mieć jednak grubość około 3/8" (9,5 mm), taką samą, jak szkło warstwowe. Przestrzeń pod szkłem zewnętrznym powinna mieć połączenie z zewnętrzną atmosferą tak, by ciśnienie po obu stronach cienkiego szkła zawsze było równe niezależnie od wysokości lotu. Urządzenie to mogłoby być zupełnie zadawalające i możliwe do zastosowania w kabinach pasażerskich, jednak przypuszczalnie będzie niezadawalające dla pilota.

Przy wypukłych szybach mogą występować zjawiska rozczepiania się światła chyba, że szyby wewnętrzne są gięte po tej samej krzywiźnie co i szyby zewnętrzne. Poza tym przy używaniu cienkich szyb powłokowych mogą występować niewielkie trudności w związku z koniecznością dopasowania promienia krzywizny szyby do kształtu powłoki, często kulistego lub cylindrycznego, przy czym krawędzie szyb muszą być ukosowane lub obrabiane, jak wyżej było powiedziane.

W wypadkach stosowania szyb podwójnych o tej samej krzywiźnie jest zawsze możliwe używać dostatecznie grubego szkła i tak szlifować jego powierzchnię, by otrzymać wszędzie powierzchnie równoległe i przez to usunąć zjawiska rozczepiania się światła.

Dla otrzymania możliwie gładkiego przejścia między powierzchnią szyby i powłoką kadłuba można ścinać skośnie krawędzie szkła i pasować je do odpowiednio zukosowanych oprawek w kadłubie w podobny sposób, w jaki jest mocowane szkiełko w zegarku. Sposób ten powiększa jednak koszt oszklenia kabiny ze względu na szlifowanie skośnych krawędzi i może spowodować pewne inne trudności, które niezwłocznie wystąpią. Trudno prawdopodobnie byłoby wykonać szkło gięte o małej krzywiźnie, potrzebne czasem dla naśladowania kształtu powłoki samolotu.

W przewidywaniu przyszłych potrzeb komunikacji lotniczej Towarzystwo Pittsburgh Plate Glass Company poświęciło 5 lat ubiegłych na studia, związane ze szkleniem samolotów i przeprowadziło liczne próby dla określenia wytrzymałości szkła poddanego zmniejszonemu względnie zwiększonemu ciśnieniu w związku z wymaganiami komunikacji lotniczej oraz współczesnej komunikacji pospiesznej kolejowej.

SPAWANIE CIENKOŚCIENNYCH RUR

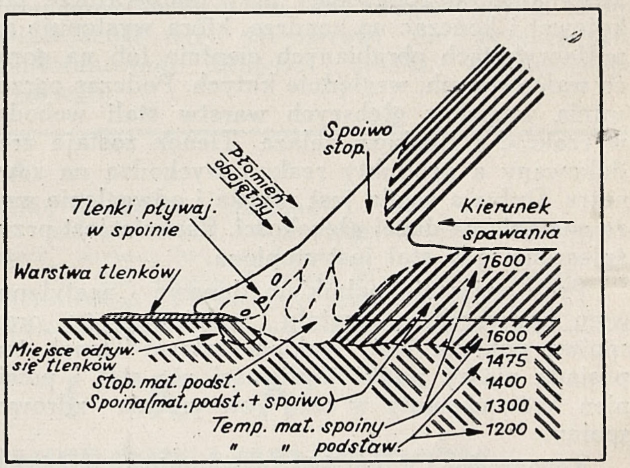
R. J. ANDERSON

Z oryginału p. t. „Welding of Light Walled Tubing", The Engineering Journal, Aeronautical Section Reprint, No. 7 December, 1936, str. 28 — 30, przetłomaczył inż. Z. Lisowski.

Spawanie cienkościennych rur stalowych jest szeroko stosowane w przemyśle lotniczym. Obecnie konstrukcje te znalazły szerokie zastosowanie w innych gałęziach komunikacji w budowie lekkich wagonów osobowych, szybkobieżnych wagonów - torped i w automobiliźmie.

Konstrukcje rurowe spawane posiadają dużą wytrzymałość w stosunku do ciężaru, są sztywne i lekkie. Ten rodzaj łączenia pozwala na dużą swobodę w konstruowaniu, jest ekonomiczny w produkcji i eksploatacji. Będzie on prawdopodobnie coraz szerzej stosowany w przyszłości.

Gdy poraz pierwszy części drewniane zostały w lotnictwie zastąpione metalowymi, zastosowano stal węglową. Jest ona dotąd używana jako stal S. A. E. 1025 lub równoważna. Technika konstruowania i spawania tego materiału była doskonalona zarówno w przemyśle jak i laboratoriach. Z czasem rozwój przemysłu pozwolił na osiągnięcie większych szybkości, co pociągnęło za sobą zwiększenie obciążeń. W poszukiwaniu materiałów lżejszych i o większej wytrzymałości wprowadzono szereg nowych stali stopowych. Zaczęto szeroko stosować stale S. A. E. 4130 i S. A. E. 4130x oraz równoważne. Niżej podane są niektóre warunki techniczne na te stale w zestawieniu ze stalą węglową S. A. E. 1025.



Rys. 1. Przebieg zjawisk i rozkład temperatur przy spawaniu płomieniem obojętnym.

Gatunek stali	Skład chemiczny w %			
	węgiel	mangan	chrom	molibden
S. A. E. 1025	0,20 - 0,30	0,30—0,60	—	—
S. A. E. 4130×	0,25—0,35	0,40—0,60	0,80—1,10	0,15—0,25

Stal chromowo-molibdenowa pod względem własności mechanicznych różni się bardzo znacznie od stali węglowej. Odnosi się to zwłaszcza do wytrzymałości i ciągliwości. Stal ta ulega w czasie spawania obróbce termicznej (samohartowność) co należy uwzględnić podczas spawania. Wyjaśnienie kilku ważniejszych czynników występujących podczas spawania oraz porównanie różnych metod spawania może znacznie ułatwić wykonanie tego zabiegu technologicznego.

Materiał podczas spawania staje się miękki, ciągliwy, mało wytrzymały. Ze względu na tę obniżoną wytrzymałość (przy wysokiej temperaturze) powinna być zapewniona przedmiotom spawanym swoboda kurczenia się; z drugiej strony zabezpiecza to przed powstawaniem dodatkowych naprężeń.

Podczas ogrzewania stali spawalnych, węglowych wzgl. niskostopowych przechodzimy przez temperaturę przemiany Ac_3. Występujące tu zmiany strukturalne posiadają duże znaczenie praktyczne. Węgiel, który w niskich temperaturach występuje jako węglik żelaza, przechodzi w roztwór stały węgla w żelazie. Podczas powolnego chłodzenia po przejściu przez temperaturę przemiany węgiel zostaje ponownie wytrącony roztworu stałego w formie węglika żelaza. Szybsze chłodzenie opóźnia reakcję i zatrzymuje węgiel w roztworze.

O ile materiał jest ogrzany znacznie powyżej punktu przemiany Ac_3, występuje rozrost ziarn zależny od czasu wytrzymania w temperaturze i wysokości temperatury. Im krótszy czas wytrzymania i niższa temperatura, tym drobniejsze są kryształy i lepsze własności mechaniczne.

Stal utlenia się przy wszelkich temperaturach, zaczynając od rdzewienia przy temperaturze pokojowej i kończąc na zendrze, która występuje na półfabrykatach obrabianych cieplnie lub na gorąco walcowanych, względnie kutych. Podczas ogrzewania węgiel z głębszych warstw stali wchodzi w reakcję z tlenkiem żelaza. Tlenek zostaje zredukowany a produkty reakcji wychodzą na zewnątrz. Dyfuzja węgla jest szybka i odwęglenie może nastąpić na dużej głębokości. Reakcja jest przyśpieszona, gdy stal jest stopiona.

Przy spawaniu palnikiem tlenowo - acetylenowym powierzchnia metalu podstawowego oraz spoiwa pokryta jest tlenkiem żelaza. Tlenek ten posiada niższy punkt topliwości niż stal i powinien być usunięty w celu otrzymania zdrowej spoiny.

Różnorodne czynniki, występujące podczas spawania (fizyczne, metalurgiczne, chemiczne), są

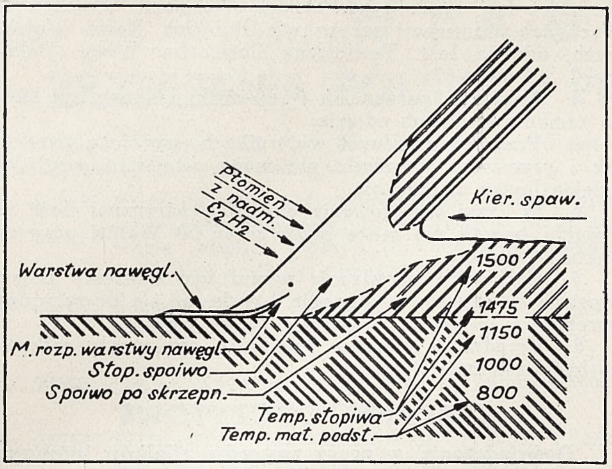
Gatunek stali	Wytrzymałość na rozerwanie K_r min. kg/mm²	Wydłużenie w % (długość pomiarowa 2 cale)
S. A. E. 1025	38,6	22
S. A. E. 4130 X normalizowana	63,1—66,7*)	5—15*)
S. A. E. 4130 X hartowana w oleju, odpuszczana w temp. 593°C	87,8	11
482	105,3	9
426	122,8	7
315	140,4	5

*) Dla mniejszych grubości ścianek — mniejsze wydłużenie, większa wytrzymałość.

szczególnie ważne dla stali stopowych. Mają one duże znaczenie zwłaszcza przy spawaniu cienkich chromowo-molibdenowych rur. Ze względu na samohartowność tego materiału i występujący w związku z tym spadek ciągliwości należy zwrócić uwagę na rozszerzalność i skurcz. Pomimo, że stal ta zawiera molibden, zapobiegający rozrostowi ziarna, pożądane jest utrzymywać temperaturę poniżej punktu przemiany i w czasie możliwie najkrótszym. Przy spawaniu cienkich rur odwęglenie nawet na małej głębokości znacznie osłabia przekrój. Żeby otrzymać wytrzymałe połączenie, należy używać spoiwa podlegającego obróbce cieplnej, o wytrzymałości materiału spawanego.

Na początku do spawania stali płomieniem acetylenowo-tlenowym używane było spoiwo niskowęglowe o bardzo małej zawartości innych składników. Sprawa ta była przedmiotem dłuższych rozważań w technice spawalniczej. Dla otrzymania dobrego połączenia należało stopić większą ilość materiału podstawowego w celu usunięcia tlenku żelaza. Poza tym dla pozbycia się tlenku żelaza ze spoiny przekraczano znacznie temperaturę topliwości materiału spawanego. W wyniku tego otrzymywano spoinę odwęgloną o mniejszej wytrzymałości niż obecnie. Niska zawartość węgla w tych drutach pozwalała uniknąć nadmiernie silnej reakcji między węglem i tlenkiem żelaza, znajdującym się w nadmiarze.

W miarę postępu techniki spawalniczej zostały wprowadzone nowe spoiwa, zawierające mangan i krzem w celu zredukowania tlenku żelaza. Otrzymane produkty reakcji w formie szlaki wypływały na powierzchnię kąpieli metalowej, oczyszczając spoinę i zabezpieczając ją od dalszego utleniania. W ten sposób wyeliminowano reakcję między węglem i tlenkiem żelaza, co pozwoliło na podniesienie zawartości węgla; spowodowało to oczywiście wzrost wytrzymałości połączenia. Jednocześnie można było uniknąć topienia nadmiernej ilości materiału podstawowego oraz znacznego przekraczania temperatury topliwości. Technika spawania pozostała jednak bardzo podobna; używany jest płomień obojętny jako normalny.



Rys. 2. Zjawiska i temperatury, występujące przy spawaniu płomieniem z nadmiarem acetylenu.

Rys. 1 podaje sposób ukształtowania się kąpieli metalowej przy tej metodzie oraz odnośne temperatury.

Tego rodzaju technika spawania znajduje szerokie zastosowanie w konstrukcjach rurowych. Bardzo dobre wyniki otrzymuje się ze stalą węglową, jak S. A. E. 1025, dobre wyniki dają pewne gatunki stali chromowo - molibdenowej, zwłaszcza jeśli zapobiec skurczom i rozrostowi ziarn.

Poza tym przy spawaniu chromo-molibdenu można stosować metodę Lindego (t. zw. Lindeweld), która posiada pewne zalety. Metoda ta oparta jest na kilku znanych zjawiskach, mianowicie: wzrost zawartości węgla w stali obniża jej temperaturę topliwości i ułatwia redukcję tlenku żelaza, przy czym produkty reakcji wydzielają się w postaci gazów.

Stal ogrzana nieco poniżej temperatury topliwości (spawanie) i poddana działaniu nawęglającemu, absorbuje węgiel na swej powierzchni i topi się po osiągnięciu punktu eutektycznego, to znaczy przy zawartości węgla około 4,5%. Warstwa nawęglona posiada kilka ważnych dla spawania cech. Zapobiega ona utlenianiu i redukuje tlenki. Jest wskaźnikiem temperatury, określając jednocześnie właściwą chwilę dla dodania spoiwa.

Działanie nawęglające można bardzo łatwo uzyskać przy spawaniu dowolnym palnikiem acetylenowo-tlenowym; należy tylko dać nadmiar acetylenu. Grubość warstwy nawęglonej wynosi 0,025 — 0,050 mm. Warstwa ta posiada kilka dodatnich cech: powstaje automatycznie, jest metaliczna, topi się natychmiast po osiągnięciu punktu eutektycznego, po spełnieniu swego zadania znika rozpuszczona w materiale spoiny.

Rys. 2 podaje sposób kształtowania się spoiny przy zastosowaniu tej metody oraz panujące temperatury.

Z podanego opisu wynika, że metoda Lindego w porównaniu ze zwykłym spawaniem płomieniem obojętnym posiada duże zalety: spawanie odbywa się przy niższej temperaturze i przebiega prędzej; zapewnia to mniejszy rozrost ziarn, co z kolejności daje połączenie o lepszych własnościach mechanicznych.

Wielkość skurczu zależy od szybkości spawania. Ogólnie biorąc, im prędzej przebiega spawanie, tym skurcz jest mniejszy i tym mniejsze są naprężenia skurczne. Spawanie „wstecz" daje nieco mniejsze naprężenia skurczne, niż spawanie „wprzód".

Metoda ta zmniejsza możliwość zmiany stosunku chrom — mangan — węgiel w bezpośrednim sąsiedztwie spoiny. Ze względu na „automatyczność" topienia się warstwy nawęglonej stosować można zarówno spawanie „wprzód" jak i „wstecz". Spawanie „wstecz" daje pewne korzyści, usuwając skutki podhartowania.

Metoda Lindego stosunkowo mało używana w Kanadzie zastosowana do stali S. A. E. 4130x polepszyła jednak własności mechaniczne, ze względu na mniejszy rozrost ziarn i mniejszą stratę węgla.

Ogrzewanie lampą lutowniczą po spawaniu wykonanych połączeń może tylko usunąć naprężenia; daleko odpowiedniejsza jest całkowita obróbka cieplna.

Do spawania metodą Lindego może być użyty palnik o jeden numer większy niż normalnie; jako spoiwa używa się stali stopowej. Nadmiar acetylenu powinien być taki, aby długość stożka odpowiadającego temu nadmiarowi nie przekraczała półtorakrotnej długości stożka wewnętrznego (jasnego).

ERRATA

W artykule „O wynikach badań aerodynamicznych i ich zastosowaniu do konstrukcji samolotów", zamieszczonym w poprzednim numerze, należy poprawić następujące pomyłki druku:

str. 133, szpalta 2, wiersz 11 od góry: zamiast „szkodliwy" powinno być „całkowity";

str. 138, wiersz 2 napisu pod rys. 5: zamiast „wychelenia" powinno być „wychylenia";

str. 138, szpalta 2, wiersz 20 od dołu: zamiast „nieskończonności" powinno być „nieskończoności".

K R O N I K A

ZWIĄZKU POLSKICH INŻYNIERÓW LOTNICZYCH

NADZWYCZAJNE WALNE ZGROMADZENIE

Na podstawie § 19 b Statutu, Zarząd ZPIL powołał Nadzwyczajne Walne Zgromadzenie na dzień 25.VI. 1937, godz. 20 w gmachu Instytutu Aerodynamicznego. Zawiadomienia z wyszczególnionym porządkiem dziennym zostały przesłane członkom oddzielnie.

URZĘDOWANIE W OKRESIE LETNIM

Zarząd ZPIL zawiadamia kolegów, że agendy Związku będą nieczynne w czasie od 1 lipca do 15 sierpnia.

WARUNKI TECHNICZNE NA PALIWOMIERZ LOTNICZY

Niżej podajemy warunki techniczne konkursu wzmiankowanego w poprzednim numerze na temat:

„Paliwomierz lotniczy, mierzący zawartość paliwa w zbiornikach samolotu".

I. Zadanie przyrządu

Pomiar na ziemi, jak również w czasie lotu ilości paliwa zawartego w jednym lub kilku zbiornikach umieszczonych na samolocie.

II. Warunki działania.

1. Możliwość zastosowania danego paliwomierza do zbiorników dowolnej budowy i kształtów (zbiorniki) skrzydłowe, kadłubowe, płaskie, wysokie, niesymetryczne, z wewnętrznymi przegródkami, zbiorniki z elastycznymi ściankami otaczającymi ścianki metalowe.
2. Ewentualna możliwość posługiwania się jednym wskaźnikiem do pomiaru w poszczególnych, a różnych co do kształtu i pojemności zbiornikach.
3. Dokładność wskazań winna być niezależną od pochyleń samolotu dookoła jego osi podłużnej i poprzecznej aż do kąta 10°.
4. Dopuszczalny błąd wskazań paliwomierza w zależności od napełnienia zbiornika lub jego pojemności winien być w granicach niżej podanej tablicy.

Pojemność lub zawartość zbiornika w litrach	0—25	26—100	101—200	201—wzwyż
Dopuszczalny błąd w litrach	± 2,5	± 5	± 10	± 15

5. Na wskazania przyrządu nie powinno wpływać otaczające ciśnienie atmosferyczne uzależnione od wysokości lotu aż do 10.000 m.
6. Prawidłowość wskazań nie powinna ulegać wpływom zmiany temperatury od —50°C do +50°C.
7. Wskazania powinny być niezależne od przyśpieszeń aż do ± 2 g.
8. Paliwa o różnych ciężarach gatunkowych w granicach od 0,7 do 0,9 kg/dcm³ nie powinny spowodować błędu przekraczającego 1%.
9. Zmienne warunki atmosferyczne (mgła, deszcz, śnieg) jako też zawartość soli w powietrzu nie powinny wpływać na dokładność wskazań i na materiały, z których wykonane jest urządzenie.
10. Wskazania zawartości powinny być przekazywane na przyrząd umieszczony na tablicy pokładowej stale automatycznie lub też tylko w czasie pomiaru.
11. Możliwość dokonania 2 pomiarów po sobie następujących w czasie nie przekraczającym 2 minut.
12. W wypadku wskazań automatycznych nie ciągłych ilości paliwa, zmiany wskazań zawartości paliwa winny zachodzić w okresach nie dłuższych niż 5 minut w granicach wyżej podanych dokładności.
13. Ciężar i wymiary przyrządu powinny być możliwie małe; ciężar nie powinien być większy od 0,2% — 0,05% wagi samolotu przy samolotach o wadze 300 — 20.000 kg.
14. Całkowite urządzenie powinno odpowiadać ogólnym warunkom wytrzymałości niezbędnym dla przyrządów pokładowych lotniczych.
15. Drgania samolotu nie powinny powodować trwałych zmian w przyrządzie i wpływać ujemnie na wskazania.
16. Działanie urządzenia powinno być zapewnione w ciągu przynajmniej 200 godzin lotu bez naprawy.
17. Wszystkie dodatkowe urządzenia związane z wbudowaniem paliwomierza nie powinny wpływać na zmniejszenie szczelności zbiornika.

III. Warunki wbudowania

1. Wbudowanie przyrządu nie może powodować żadnych zasadniczych zmian w konstrukcji zbiornika, lub też ustalać materiał, z którego ma być zbiornik wykonany.
2. Wbudowanie części paliwomierza (nadajnika, przekaźnika) winno być możliwie w górnej części zbiornika przy możliwie małej średnicy otworu.
3. Wskaźnik na tablicy pokładowej winien być zaprojektowany zgodnie z Polskimi Normami Wojskowymi. Wszelkich informacji w sprawie Polskich Norm Wojskowych, udziela Inst. Techniczny Lotnictwa, W-wa, Puławska 2, tel. 8-14-62.
4. Nadajnik, przekaźnik i wskaźnik powinny być łatwe do zamontowania lub zdjęcia.
5. Przy wyrzucalnych zbiornikach, nadajnik przekaźnik i przewody przyrządu nie mogą utrudniać, względnie uniemożliwiać wyrzucania.
6. W razie zastosowania energii elektrycznej ilość zużywanej energii nie może przekraczać 50 Watów przy napięciu 24 Voltów.
7. Całkowite urządzenie winno być możliwie prostej konstrukcji, łatwego wykonania i nadawać się do seryjnego wyrobu.
8. Urządzenie powinno być takie, aby mogło całkowicie być wykonane w kraju.

ZEBRANIA ODCZYTOWE

Doświadczenia z pracy zaworów silników lotniczych wygłosił dnia 14 maja 1937 r. inż. Kazimierz Hauk.

Odczyt ten podajemy na str. 149—156 niniejszego numeru, dokończenie odczytu i dyskusja w następnym numerze.

Racjonalne wymiary aparatu fotolotniczego wygłosił dnia 21 maja 1937 r. inż. Tadeusz Gutkowski.

Prelegent rozpatrzył w swoim odczycie 2 czynniki konstrukcyjne fotoaparatów: wielkość ogniskowej i wymiary zdjęć.

I. *Długość ogniskowej.* Do niedawna stosowano aparaty o dużej ogniskowej (75 — 100 cm). Ale ostatnio istnieje tendencja ku zmniejszeniu ogniskowej (do 30 — 20 cm). Teoria przy nieuwzględnieniu wielkości ziarna emulsji (zdolności rozdzielczej) i przy idealnych możliwościach powiększania potwierdzała to. Dla jednakowych warunków zdjęć (wysokość i szybkość samolotu) otrzymujemy, że szybkość migawki (odwrotność czasu naświetlania) jest proporcjonalna do ogniskowej. Druga zależność pomiędzy szybkością migawki i ogniskową wynika z rozważań o energii (sile żywej) potrzebnej do uruchomienia migawki. Ponieważ masa jest proporcjonalna do trzeciej potęgi, a szybkość do pierwszej potęgi wymiarów liniowych, więc energia jest proporcjonalna do 5-ej potęgi wymiarów liniowych. Aparaty większe są narażone na wstrząsy silniejsze; szczególnie aparaty są wrażliwe na przesunięcia kątowe. Bliższe rozważania doprowadzają do zależności pomiędzy szybkością migawki i ogniskową aparatu, wyrażonej funkcją malejącą. Przecięcie się prostej z krzywą, przedstawiającą tę funkcję określa punkt optymalny wykorzystania fotoaparatu dla danej migawki i ogniskowej.

Ogólnie biorąc, drobne ziarno emulsji zmniejsza ogniskową, podczas gdy czułość emulsji skraca szybkość migawki i zwiększa ogniskową.

II. *Wymiary zdjęć.* Klisza ma objąć teren maksymalny, czyli że kąt rozwarcia ma być możliwie większy, lecz przy dużych kątach zachodzi zjawisko aberacji.

W istniejących soczewkach przy większych kątach rozwarcia zmniejsza jasność. Jako przykład prelegent przytoczył dane dotyczące kilku obiektywów istniejących:

Jasność	Kąt rozwarcia
1:1,4	41°
1:2,8	47°
1:3,5 1:4,5	53°
1:6,3	54° 30'
1:22	136° 30'

Zmniejszenie jasności jest powodem, że stosowane są soczewki o nie dużych kątach. Przy kącie 53° — ogniskowa jest mniej więcej równa największemu wymiarowi kliszy.

Wadą soczewek o szerokich kątach jest również nierównomierność oświetlenia powierzchni kliszy. Pokazane zdjęcia wykazały, że praktycznie brzegi kliszy o dużym kącie nie mogą być wykorzystane, gdyż są zbyt ciemne.

W dyskusji po referacie prelegent udzielił kilku odpowiedzi wyjaśniających szczegóły omawianego tematu.

Urządzenia tlenowe w nowoczesnych samolotach komunikacyjnych wygłosili dnia 11 czerwca 1937 r. inż. W. Jakimiuk i dr. Kwiek.

Odczyt ten wraz z dyskusją zostanie wydrukowany w jednym z najbliższych numerów Techn. Now. Lotn.

WIADOMOŚCI
ZRZESZENIA POLSKICH PRZEMYSŁOWCÓW LOTNICZYCH

Urząd Patentowy R. P. w Nr. Nr. 4, 5 udzielił patentów na następujące wynalazki w zakresie lotnictwa:

Nr. 24653. Fried. Krupp Aktiengesellschaft (Essen, Niemcy). Część konstrukcyjna otrzymana przez spawanie stopne, służące do budowy pojazdów, zwłaszcza statków powietrznych.

Nr. 24730. Jacques Gerin (Boulogne-sur-Seine, Francja). Samolot ze skrzydłami o zmiennej powierzchni nośnej.

Nr. 24699. Lucjan Kozdroń (Łazy, Polska). Samolot śrubowy z nastawnymi śmigłami.

Nr. 24714. Władysław Hoła (Bachowice, Polska) i Józef Bochenek (Monowice, Polska). Samolot.

Nr. 24686. Jacques Gerin (Boulogne-sur-Seine, Francja). Omaskowanie chłodzonych powietrzem silników, umieszczonych na statkach powietrznych.

Nr. 24673. Svenska Aktiebolaget Gasaccumulator (Sztokholm-Liningö, Szwecja). Urządzenie do wysyłania sygnałów lotniczych.

Nr. 24808. Societé Anonima Aeroplani Caproni (Mediolan, Włochy). Śmigło o zmiennym nastawieniu nachylenia śmig.

Udzielono wzorów użytkowych.

Nr. 6376. Firma Polskie Zakłady Optyczne Spółka Akcyjna, Warszawa. Zawieszenie elastyczne busoli lotniczej z urządzeniem ustawczym.

---

*) Wiadomości Urzędu Patentowego.

NOWE WYDAWNICTWA

ZASADY GEOMETRII WYKREŚLNEJ przez K. Kolarzowskiego. Stron VII + 210, formatu A 5, rysunków 414. Warszawa 1937. Nakładem Tow. Kursów Technicznych. Skład główny w księgarni „Trzaska, Ewert i Michalski". Cena zł. 8.00.

W części I-ej podane są elementarne konstrukcje płaskie oraz sposoby kreślenia ważniejszych krzywych, posiadających zastosowanie techniczne.

Część druga obejmuje wykład metody rzutów prostokątnych na dwie i trzy płaszczyzny rzutu, traktowanych początkowo zupełnie elementarnie, jako wstęp do kreślenia technicznego (I ćwiartka). W dalszych rozdziałach uwzględniono również zasadnicze konstrukcje teoretyczne, przekroje brył i t. p. Ze względu na zastosowanie wyłącznie do rysunków maszynowych, podano w części III-ej wiele łatwych przykładów przenikania, zwłaszcza walców, stożków i powierzchni obrotowych, jako najważniejszych w tym dziale techniki. Osobny rozdział poświęcony hiperboloidom obrotowym i śrubom. Ostatnia część IV-a, omawia rzut aksonometryczny również pod kątem widzenia prawie wyłącznie zastosowań technicznych tej metody.

Pomieszczono dużo przykładów rysunkowych do rozwiązania przez czytelnika, jak również pewną ilość zadań teoretycznych niekiedy dość trudnych.

Podręcznik przeznaczony zasadniczo dla średnich szkół technicznych zawodowych, wzgl. mających powstać liceów mechanicznych. Wykład na ogół b. przystępny, zwięzły, nie uwzględniający przeważnie dowodów konstrukcji, ma głównie na celu niejako zbliżenie nauki geom. wykreślnej do techniki, wzorując się w tym na podręcznikach nowszych tego rodzaju, głównie niemieckich. Rysunki wyraźne, wykonanie staranne, pod względem estetycznym bez zarzutu.

W. S.

BIULETYN POLSKIEGO ZWIĄZKU BADANIA MATERIAŁÓW (NR. 1 i 2)

We wszystkich państwach o większej kulturze technicznej istnieją od dość dawna Związki Badania Materiałów. Zadaniem tych związków jest współpraca nad metodami badań materiałów. Z czasem powstał Międzynarodowy Związek Badania Materiałów, mający na celu koordynowanie prac związków państw na drodze kongresów urządzanych co kilka lat.

Polski Związek Badania Materiałów, krótko P.Z.B.M., powstał w 1933 r. z inicjatywy P.K.N. oraz M. S. Wojsk. i został utworzony przez prof. Dr. M. T. Hubera — stałego członka związku międzynarodowego.

P.Z.B.M. wydał dotychczas dwa biuletyny sprawozdawcze: Nr. 1 w czerwcu i Nr. 2 w grudniu 1936 r. o następującej treści:

Biuletyn Nr. 1: I. Ankieta P.Z.B.M. II. Program Zjazdu P.Z.B.M. 11 marca 1935 r. w Politechnice Warszawskiej. III. Walne zebranie członków P.Z.B.M. IV. Statut P.Z.B.M. V. Różne.

Biuletyn Nr. 2: I. Stan pracy w sekretariatach sekcji: drewna, materiałów budowlanych, metali i żeliwa. II. Zjazd sekcji badań metali i żeliwa w Katowicach 14.III. 1936 r. III. Wiadomości P.Z.B.M.

Z referatów podanych w tych biuletynach widać początki krystalizacji kierunków przyszłych prac. Zdania często są jeszcze podzielone, lub niezdecydowane, a nawet wchodzą w ślepe zaułki. O ile chodzi o dotychczasowy dorobek pracy, to należy go tylko dobrze uporządkować. Gdy zaś chodzi o nowe kierunki badań, te wynikają z potrzeb nowoczesnej techniki, a zwłaszcza w lotnictwie. Tutaj częstokroć więcej mają do powiedzenia mechanicy niż technolodzy, którzy uważają się dotychczas za jedynych kompetentnych w dziedzinie badań materiałów. Dzisiejszy stan techniki wymaga od badacza materiału (o ile chodzi o lotnictwo) opracowania daleko idących kryteriów oraz stosowania metod obliczeniowo - eksperymentalnych, nie zaś wyłącznie eksperymentalnych idących zbyt poomacku. Aktualne potrzeby oczekują dziś metod badania i kwalifikowania materiałów przy uwzględnieniu formy elementu, niejednorodności i kierunkowości struktury oraz charakteru obciążeń zewnętrznych oraz masowych (od przyspieszeń).

Należy się więc spodziewać, że po uporządkowaniu istniejącego już materiału, dotyczącego przeważnie metod odbiorczych, będą zkolei wysunięte aktualne zagadnienia, które zresztą były omawiane na tegorocznym kongresie w Londynie.

Nadmienić należy, że podział P. Z. B. M. na sekcje: 1) metali, 2) materiałów budowlanych, 3) drewna i 4) żeliwa wydaje się raczej tymczasowym, gdyż jeżeli sekcja żeliwa została wydzielona z sekcji metali, to przede wszystkim należało by wydzielić sekcję stali, albo też w ogóle rozbić sekcję metali na sekcje: stali, żeliwa, stopów lekkich i stopów kolorowych.

Międzynarodowy Związek posiada 4 grupy: 1) Gr. A. Metale, 2) Gr. B. Materiały nieorganiczne, 3) Gr. C. Materiały organiczne i 4) Gr. D. Zagadnienia o znaczeniu ogólnym.

K. W.

PRZEDPŁATA w kraju (z przesyłką): kwartalnie zł. 4.50, półrocznie zł. 9.00, rocznie zł. 18,00. Zagranicą z przesyłką zł. 24.00 rocznie. Cena pojedyńczego numeru zł. 1.50. Wpłaty należy dokonywać na konto P. K. O. Nr. 28.358 lub pocztowymi przekazami rozrachunkowymi (rozrachunek Nr. 283), wolnymi od opłat pocztowych.

Wydawca: ROMAN NOWICKI. REDAKCJA i ADMINISTRACJA: **Czerwonego Krzyża 21/23 m. 6.**
Redaktor odp.: TADEUSZ STAWIŃSKI **tel. 2.05.67, czynne codziennie od godz. 17 do 18.**

3867 — Zakłady Drukarskie W. Piekarniaka. Warszawa, Ordynacka 3. tel. 644-59.